



Universidade
de Aveiro

Departamento de Biologia

Ano 2016

**Christophe Avelar
Castelejo Gonçalves
Afonso**

**Produção de *Solea senegalensis* em
policultura com *Dicentrarchus labrax*
e *Sparus aurata* em regime semi-
intensivo**



**Universidade
de Aveiro**

Departamento de Biologia

Ano 2016

**Christophe Avelar
Castelejo Gonçalves
Afonso**

**Produção de *Solea senegalensis* em
policultura com *Dicentrarchus labrax* e
Sparus aurata em regime semi-intensivo**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biologia Marinha, realizada sob a orientação científica do Doutor Mário Guilherme Garcês Pacheco, Professor Auxiliar com Agregação do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, e co-orientação da Licenciada Renata Maria Neto Serradeiro, Directora de I+D do grupo Sea8.

A dissertação de mestrado integra-se no Projecto SunSole que se insere na estratégia de desenvolvimento da Aquacultura em Portugal, nomeadamente no Programa Operacional Pesca 2007-2013 (PROMAR) (Decreto Lei 81/2008 de 16 de Maio).

DECLARAÇÃO

Declaro que este relatório é integralmente da minha autoria, estando devidamente referenciadas as fontes e obras consultadas, bem como identificadas de modo claro as citações dessas obras. Não contém, por isso, qualquer tipo de plágio quer de textos publicados, qualquer que seja o meio dessa publicação, incluindo meios electrónicos, quer de trabalhos académicos.

o júri

presidente

Prof. Doutor João António de Almeida Serôdio

Professor Auxiliar com Agregação no Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

arguente

Dra. Ana Isabel Santos Couto

Investigadora de pós-doutoramento no CIMAR/CIIMAR – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, da Universidade do Porto.

orientador

Prof. Doutor Mário Guilherme Garcês Pacheco

Professor Auxiliar com Agregação no Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

agradecimentos

A realização e a finalização deste trabalho só foi possível porque tive o privilégio de poder contar com a disponibilidade, o apoio e a colaboração de um grande grupo de pessoas.

Desde já, manifesto a minha profunda gratidão ao Professor Doutor Mário Pacheco, orientador desta tese de mestrado, pela sua disponibilidade desde o primeiro dia até o último, pelas críticas e conselhos na escrita deste documento e, sobretudo pelo estímulo e ajuda na concretização do mesmo.

Gostaria de agradecer também à Renata Serradeiro não só pela sua co-orientação, mas também pela oportunidade que me ofereceu de trabalhar neste projecto e de me enquadrar na área da aquacultura. Pela aprendizagem que me proporcionou e pelas portas que me abriu, um muito obrigado.

A toda a equipa da SEA8, em particular à equipa da Aquacria Piscícolas S.A. por me receberem tão bem e por me integrarem de uma forma que superou as minhas expectativas. Um agradecimento especial a Paulo Mortágua, Álvaro Silva e João Silva que me ajudaram a construir a rede de arrasto de pesca.

Ao Doutor Filipe Miguel Duarte Martinho, do Centro de Ecologia Funcional da Universidade de Coimbra, pela sua disponibilidade na partilha de dados ambientais do Rio Mondego.

Gostaria de agradecer a todos os representantes e a toda a equipa de cada piscicultura, pelas oportunidades de conhecimento e aprendizagem que me proporcionaram e pela ajuda prestada ao longo do ensaio.

Destaco também Rafael Ramos e Davide Silva, que me ajudaram incondicionalmente na recolha de dados. A eles, um muito obrigado, não só pelo trabalho mas também pelo apoio prestado e pela amizade.

Por fim, agradeço aos meus pais, Luís Afonso e Fernanda Castelejo e ao meu irmão, Alexandre Afonso, porque sem eles nada disto era possível; à minha namorada, Juliana Cardoso, pelo apoio e ajuda incondicional e a todos os meus amigos, principalmente ao grupo Raul Meireles pelo incentivo durante todo este longo trajecto e pelo companheirismo inigualável.

A todos, um muito obrigado, por me terem ajudado a ultrapassar as dificuldades e por terem tornado possível a concretização deste projecto.

palavras-chave

Solea senegalensis, aquacultura, semi-intensivo, policultura

resumo

O linguado do Senegal (*Solea senegalensis*) apresenta um elevado valor comercial, sendo bastante procurado, não só nos mercados da Península Ibérica, mas também amplamente na Europa. Nos últimos 30 anos, atraiu importantes pesquisas e desenvolvimentos na metodologia de produção, bem como consideráveis investimentos, sendo uma das espécies que tem sido identificada com maior potencial e interesse comercial na aquacultura marinha.

O presente estudo teve como objectivo geral a optimização de um protocolo de produção de *S. senegalensis* em regime semi-intensivo e em policultura com *Sparus aurata* (dourada) e/ou *Dicentrarchus labrax* (robalo), mantendo padrões de bem-estar animal elevados e avaliando a sua viabilidade. Foi ainda associado a este objectivo a utilização e rentabilização de lotes de alevins “cauda” (que em regime intensivo seriam eliminados) e a avaliação da possibilidade de obter um produto de elevada qualidade e valor comercial acrescido. Como objectivos específicos, o estudo pretendeu: identificar a melhor estratégia de policultura em termos de combinação de espécies; definir as densidades óptimas de linguado e da espécie de cultivo (robalo e/ou dourada); definir as épocas do ano ideais para a introdução do linguado; elucidar sobre o tipo de sedimento ideal para o crescimento de linguado e perceber a eventual influência da latitude da unidade de produção.

Foram seleccionadas 4 pisciculturas - Riáqua (Aveiro), Nasharyba (Figueira da Foz), Aqualvor (Lavos) e Tideland 2000 (Aiamonte – sul de Espanha) - de acordo com uma distribuição geográfica (abarcando uma grande amplitude de condições ambientais) e representando contextos de produção diversos. O estudo abrangeu um período médio de 12 meses.

De um modo geral, todos os tanques de todas as pisciculturas apresentaram crescimentos positivos (à excepção do tanque 9.1 da Tideland 2000), traduzindo uma boa adaptabilidade do linguado às condições impostas. Destacaram-se as pisciculturas Nasharyba e Aqualvor, que apresentaram os maiores valores médios de peso ganho (103 e 128g), taxa de crescimento específica (0,25 %/dia e 0,32 %/dia), factor de condição (1,54 e 1,56), e produtividade (0,127 g/m²/dia e 0,178 g/m²/dia), respectivamente.

As análises comparativas intra- e inter-piscicultura permitiram apontar como vantajosa a presença de sedimento do tipo vasoso e a adopção de baixas densidades de linguado, embora todas as densidades testadas (0,01 - 0,04 kg/m³) se tenham mostrado viáveis.

Foi possível perceber a ampla elasticidade do linguado relativamente às diferentes densidades utilizadas para a espécie em co-cultura (0,06 - 1,83 kg/m³), assim como a sua adaptabilidade a diferentes latitudes com as inerentes diferenças de parâmetros ambientais (ex. temperatura).

Não foi encontrada uma estratégia explícita de policultura em termos de combinação de espécies. Contudo, foi possível verificar que quando uma piscicultura apresenta uma produção apenas ou maioritariamente de robalo, é de extrema importância optar por combinar uma percentagem adequada de dourada, pois impede o crescimento excessivo de macroalgas.

Os resultados sugerem ainda como prática ideal a introdução de linguado em Novembro, usando alevins com peso médio inicial de 80 a 90 g.

Independentemente dos condicionalismos encontrados, globalmente, os resultados obtidos contribuíram para construir as linhas gerais de um protocolo de produção de linguado do Senegal em regime semi-intensivo e em policultura com dourada e/ou robalo, demonstrando a sua viabilidade.

keywords

Solea senegalensis, aquaculture, semi-intensive, polyculture.

abstract

The Senegalese sole (*Solea senegalensis*) has a high commercial value and is very popular, not only in the Iberian Peninsula markets, but also widely in Europe. Over the past 30 years, it has attracted important research and developments in production methods and considerable investments, being one of the species that has been identified with the greatest potential and commercial interest in marine aquaculture.

This study had as general objective optimizing a production protocol for *S. senegalensis* production in semi-intensive system and in polyculture with *Sparus aurata* (gilthead seabream) and/or *Dicentrarchus labrax* (European seabass), maintaining high animal welfare standards and assessing its viability. It was also associated with this objective the use and profitability of lots of fingerlings "tail" or slow growers (which are usually discarded) and the assessment of the possibility of obtaining a high quality product and commercial added value.

As specific objectives, the study aimed to: identify the best polyculture strategy in terms of combination of species; define the optimal densities of sole and the main cultivation species (European seabass and/or gilthead seabream); set ideal season for the introduction of the sole; elucidate the type of sediment ideal for the growth of sole and assess the potential influence of the fish farming latitude.

Four fish farms were selected - Riáqua (Aveiro), Nasharyba (Figueira da Foz), Aqualvor (Lavos) and Tideland 2000 (Ayamonte – Southern of Spain) - according to a geographical distribution (covering a wide range of environmental conditions) and representing several production contexts. The study covered an average duration of 12 months.

In general, all tanks and all fish farms displayed a positive growth (except the tank 9.1 of Tideland 2000), reflecting a good adaptability of the sole to the tested conditions. The highlights were the Nasharyba and Aqualvor fish farms, which showed the highest average values of weight gain (103 and 128 g), specific growth rate (0.25%/day and 0.32%/day), condition factor (1.54 and 1.56) and productivity (0.127 g/m²/day and 0.178 g/m²/day), respectively.

Comparisons within and between fish farms allowed to point out the beneficial effect of muddy sediments and the adoption of low sole densities, although the entire range tested (0.01 to 0.04 kg/m³) proved its viability.

It was possible to identify the large elasticity of the sole in relation to different densities of the species used in co-culture (0.06 to 1.83 kg/m³) and its adaptability to different latitudes with the inherent differences on environmental parameters (e.g. temperature). There were no clear indications towards definition of the best species combination. However, it found that when a fish farm produces only (or mainly) European seabass, it is extremely important to include an appropriate percentage of gilthead seabream because it prevents excessive growth of macroalgae.

The results suggest as ideal practice the introduction of sole in November, using fingerlings with average weight 80-90 g.

Overall, regardless of the limitations identified, the results contributed to build the outline of a protocol for Senegalese sole production in semi-intensive system and in polyculture with gilthead seabream and/or European seabass, demonstrating its viability.

Índice

I. Lista de Figuras.....	xi
III. Lista de Tabelas	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Aquacultura – Panorama geral.....	1
1.2. Aquacultura na União Europeia.....	2
1.2.1. Aquacultura em Portugal.....	3
1.2.1.1. <i>Características naturais</i>	3
1.2.1.2. <i>Desenvolvimento da aquacultura</i>	4
1.2.1.3. <i>Caracterização em função do grau de controlo sobre o processo</i>	5
Regime Extensivo	5
Regime Semi-intensivo	6
Regime Intensivo	7
1.2.1.4. <i>Caracterização em função do número de espécies</i>	8
Monocultura	8
Cultura multitrófica integrada.....	8
Policultura	9
1.2.1.5. <i>Espécies produzidas</i>	10
1.3. O linguado do Senegal (<i>Solea senegalensis</i>) como espécie aquícola.....	11
1.3.1. Biologia da espécie.....	11
1.3.2. Processo produtivo.....	12
1.3.2.1. <i>Regime Intensivo</i>	12
Reprodução e Incubação	14
Produção Larvar.....	15
Desmame.....	17
Engorda	17

Patologias mais comuns	19
1.3.2.2. <i>Regimes Extensivo e Semi-intensivo</i>	22
1.3.3. Aspectos comerciais	23
2. Objectivos da dissertação	27
3. Materiais e Métodos	29
3.1. Organismos.....	29
3.2. Desenho experimental	30
3.2.1. Estrutura geral	30
3.2.2. Pisciculturas povoadas	31
3.2.2.1. <i>RIÁQUA - Aveiro</i>	31
Tanques de estudo	34
3.2.2.2. <i>NASHARYBA - Figueira da Foz</i>	35
Tanques de Estudo	38
3.2.2.3. <i>AQUALVOR – Lagos</i>	39
Tanques de Estudo	42
3.2.2.4. <i>TIDELAND 2000 - Aiamonte (Sul de Espanha)</i>	43
Tanques de Estudo	46
3.2.3. Metodologia de colheita	47
3.2.4. Parâmetros calculados	49
3.2.4.1. <i>Dimensionamento</i>	49
3.2.4.2. <i>Avaliação do crescimento</i>	49
3.2.4.3. <i>Avaliação da Produtividade</i>	50
3.2.5. Análise estatística	50
4. Resultados	51
4.1. Visão global das pisciculturas em estudo	51
4.2. Análise intra-piscicultura	54
4.2.1. RIÁQUA – Aveiro	54

4.2.2.	NASHARYBA – Figueira da Foz	55
4.2.3.	AQUALVOR - Lagos	56
4.2.4.	TIDELAND 2000 – Aiamonte	57
4.3.	Análise inter-piscicultura	58
4.3.1.	TIDELAND 2000 vs. RIÁQUA	58
4.3.2.	NASHARYBA vs. AQUALVOR	59
5.	Discussão	60
5.1.	Análise crítica das condições do ensaio	60
5.2.	Visão global da informação obtida.....	61
5.3.	Discussão de comparações intra-pisciculturas	69
5.3.1.	RIÁQUA – Aveiro	69
5.3.2.	NASHARYBA – Figueira da Foz	70
5.3.3.	AQUALVOR – Lagos	71
5.3.4.	TIDELAND 2000 – Aiamonte	71
5.4.	Discussão de comparações inter-piscicultura.....	72
5.4.1.	TIDELAND 2000 vs. RIÁQUA	72
5.4.2.	NASHARYBA vs. AQUALVOR	72
6.	Conclusões	74
7.	Bibliografia	76

I. Lista de Figuras

Figura 1: Produção mundial da Pesca de captura e da Aquacultura. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 1950 a 2012 (FAO 2014).	1
Figura 2: Contribuição da aquacultura na produção pesqueira mundial. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 1990 a 2012 (FAO 2014).	2
Figura 3: Evolução da produção aquícola nacional por meios de cultura. Adaptado de DGRM (2013).	5
Figura 4: Tanques de terra para produção de Robalo (<i>Dicentrarchus labrax</i>) na piscicultura de semi-intensivo RIAQUA - Aveiro, Portugal - vista geral à esquerda; vista em detalhe à direita (Foto: A. Costa).	6
Figura 5: Produção aquícola nacional por regime de exploração. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 2001 a 2012 (DGRM 2013).	8
Figura 6: Diagrama de uma aquacultura multitrófica integrada. Adaptado de Soto (2009). ...	9
Figura 7: Produção aquícola nacional relativa a peixes no período de 2004-2013. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 2004 a 2013 (FEAP 2014).	10
Figura 8: Linguado do Senegal (<i>Solea senegalensis</i>) (Foto: R. Ramos).	11
Figura 9: Distribuição geográfica de <i>Solea senegalensis</i> (em cor-de-rosa) (Özcan 2010)	12
Figura 10: Esquema do sistema em circuito fechado da empresa de produção intensiva de linguado - AQUACRIA, localizada na Torreira, Aveiro, Portugal.	13
Figura 11: Leitura do microchip implantado num reprodutor de <i>Solea senegalensis</i> (Villanueva & Alonso 2014).	14
Figura 12: Desenvolvimento embrionário desde a postura até à eclosão (em horas) – linha superior; Absorção do saco vitelino e abertura de boca das larvas (em dias) a $14 \pm 0,5$ °C – linha inferior (Herrero <i>et al.</i> , 2007).	16
Figura 13: Exemplares de <i>Solea senegalensis</i> com tamanho comercial (Villanueva & Alonso 2014).	18
Figura 14: Exemplares de <i>Solea senegalensis</i> com sinais de Tenacibaculose (Villanueva & Alonso 2014).	20

Figura 15: Exemplos de <i>Solea senegalensis</i> com sinais da doença sistêmica amebica (Villanueva & Alonso 2014).	22
Figura 16: Produção europeia de <i>Solea senegalensis</i> em aquacultura (em toneladas). Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 2004 a 2013 (FEAP 2014).	25
Figura 17: Localização das pisciculturas povoadas, ao longo de um gradiente geográfico (Adaptado do Google Earth).	30
Figura 18: Arejador de pás (Foto: A. Costa).	32
Figura 19: Valores médios, mínimos e máximos de temperatura da água (°C) e de oxigênio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (RIÁQUA) (Sem dados no mês de Agosto para temperatura e nos meses de Agosto e Junho para oxigênio dissolvido). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Junho de 2014 a Julho de 2015.	33
Figura 20: Identificação da estrutura geral da piscicultura (RIAQUA) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).	34
Figura 21: Valores médios de temperatura da água (°C) e de oxigênio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (NASHARYBA) (sem dados nos meses de Dezembro e Janeiro de 2014 e nos meses de Abril, Agosto e Outubro de 2015). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Novembro de 2014 a Novembro de 2015.	37
Figura 22: Identificação da estrutura geral da piscicultura (NASHARYBA) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).	38
Figura 23: Valores médios, mínimos e máximos de temperatura da água (°C) e de oxigênio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (AQUALVOR). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Novembro de 2014 a Setembro de 2015.	41
Figura 24: Identificação da estrutura geral da piscicultura (AQUALVOR) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).	42
Figura 25: Valores médios, mínimos e máximos de temperatura da água (°C) e de oxigênio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (TIDELAND 2000). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Junho de 2014 a Maio de 2015.	45

Figura 26: Identificação da estrutura geral da piscicultura (TIDELAND 2000) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).	46
Figura 27: Imagens superiores: arrasto de vara - arte de pesca utilizada para a amostragem (Foto: R. Serradeiro e A. Costa); Imagem Inferior: esquema de amostragem dos tanques (E-Entrada de água; S-Saída de água) (Adaptado do Google Earth).	48
Figura 28: Imagem esquerda: medição do comprimento padrão (cm); Imagem direita: pesagem do linguado (g).	48
Figura 29: Valores médios de peso inicial, peso final (\pm desvio padrão) e peso ganho (\pm desvio padrão) em cada tanque das 4 pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.	51
Figura 30: Valores da taxa de crescimento específica (%/dia) nos vários tanques amostrados nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.	52
Figura 31: Valores do factor de condição (K) nos vários tanques amostrados (\pm desvio padrão) nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.	53
Figura 32: Valores de produtividade ($\text{g/m}^2/\text{dia}$) nos vários tanques amostrados nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.	53
Figura 33: Avaliação da variação de peso (%) dentro dos vários tanques amostrados nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.	54
Figura 34: A - Factor de condição; B – Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas no respectivo gráfico (.). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (4, 7 e 8) da piscicultura RIÁQUA. Os pontos a cor (•) representam valores atípicos (“outliers”).	55
Figura 35: A - Factor de condição; B – Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas no respectivo gráfico (.). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (3, 7, 9, 10 e 11) da piscicultura NASHARYBA. Os pontos a cor (•) representam valores atípicos (“outliers”).	56

Figura 36: A - Factor de condição; B – Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas (*). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (6 e 12) da piscicultura AQUALVOR.....	56
Figura 37: Factor de condição; B- Delta Peso (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas (*). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (8.6 e 9.1) da piscicultura TIDELAND 2000. Os pontos a cor (•) representam valores atípicos (“outliers”).	57
Figura 38: A - Factor de condição; B - Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas no respectivo gráfico. Os números no eixo horizontal representam os tanques 8.6 e 9.1 da piscicultura TIDELAND 2000 (T) e os tanques 4 e 8 da piscicultura RIÁQUA (R). Os pontos a cor (•) representam valores atípicos (“outliers”).	58
Figura 39: A - Factor de condição; B - Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. Os números eixo horizontal representam o tanque 9 da piscicultura NASHARYBA e o tanque 6 da piscicultura AQUALVOR. Os números no eixo horizontal representam o tanque 9 da NASHARYBA (N) e o tanque 6 da piscicultura AQUALVOR (A).	59
Figura 40: Valor estimado, em euros, das espécies de produção e introduzida (<i>S. senegalensis</i>) no dia da amostragem, em cada tanque em estudo. O cálculo da biomassa da espécie de produção, no dia da amostragem, baseou-se em números fornecidos pelos piscicultores. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.	65

III. Lista de Tabelas

Tabela 1: Condições gerais de povoamento nas pisciculturas em estudo.	31
Tabela 2: Caracterização dos tanques em estudo em relação a dimensões e ao tipo de sedimento (RIÁQUA).....	34
Tabela 3: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (RIÁQUA).....	35
Tabela 4: Caracterização dos tanques em estudo em relação a dimensões e ao tipo de sedimento (NASHARYBA).	38
Tabela 5: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (NASHARYBA).	39
Tabela 6: Caracterização dos tanques em estudo em relação ao tamanho e ao tipo de sedimento (AQUALVOR).....	42
Tabela 7: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (AQUALVOR).....	43
Tabela 8: Caracterização dos tanques em estudo em relação ao tamanho e ao tipo de sedimento (TIDELAND 2000).....	46
Tabela 9: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (TIDELAND 2000).....	47
Tabela 10: Média dos parâmetros calculados para cada piscicultura.	62
Tabela 11: Dados de despesas totais, no período de um ano, em ração, alevins, electricidade e água e de receitas potenciais apenas dos tanques em estudo, da piscicultura NASHARYBA (Fonte: Administração da empresa).....	66

1. Introdução

1.1. Aquacultura – Panorama geral

A produção mundial de pescado (pesca de captura e aquacultura) tem aumentado regularmente nas últimas cinco décadas (Figura 1) e o fornecimento de peixe para consumo humano aumentou a uma taxa média anual de 3,2 %, superando a taxa de crescimento da população mundial (1,6%).

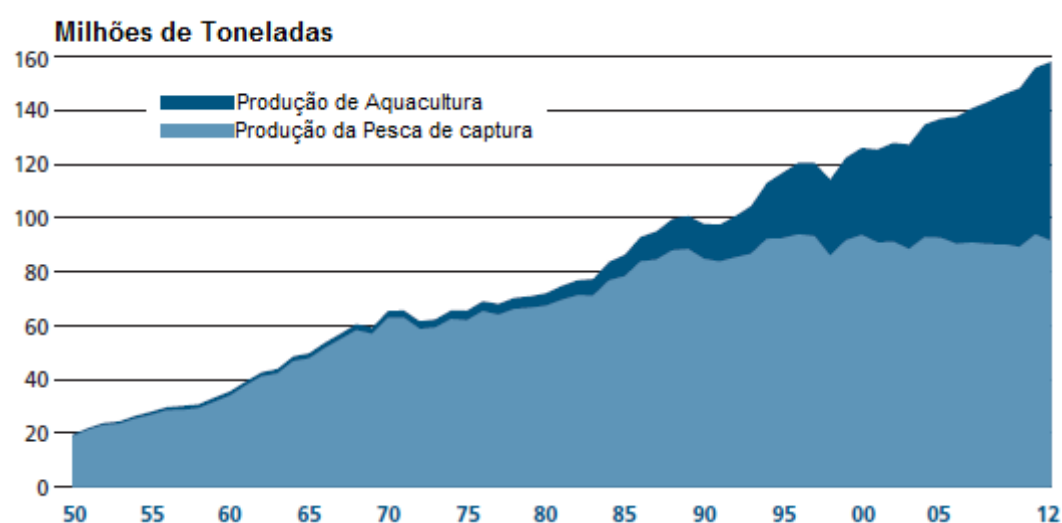


Figura 1: Produção mundial da Pesca de captura e da Aquacultura. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 1950 a 2012 (FAO 2014).

O consumo mundial de peixe *per capita* aumentou de uma média (anual) de 9,9 kg na década de 1960 para 19,2 kg em 2012. Neste quadro, em 2010, o peixe representou 16,7% do aporte de proteína animal para alimentação humana à escala mundial e 6,5% de todas as proteínas consumidas. Este incremento foi proporcionado principalmente pelo desenvolvimento tecnológico que promoveu um crescimento na produção de peixe e uma maior eficiência de distribuição deste produto.

Esta realidade permitiu que a produção aquícola mundial de espécies comestíveis aumentasse a uma taxa média anual de 6,2% no período de 2000-2012 (9,5% de 1990 a 2000), passando de 32,4 milhões de toneladas em 2000 para 66,6 milhões de toneladas em 2012 (Figura 2).

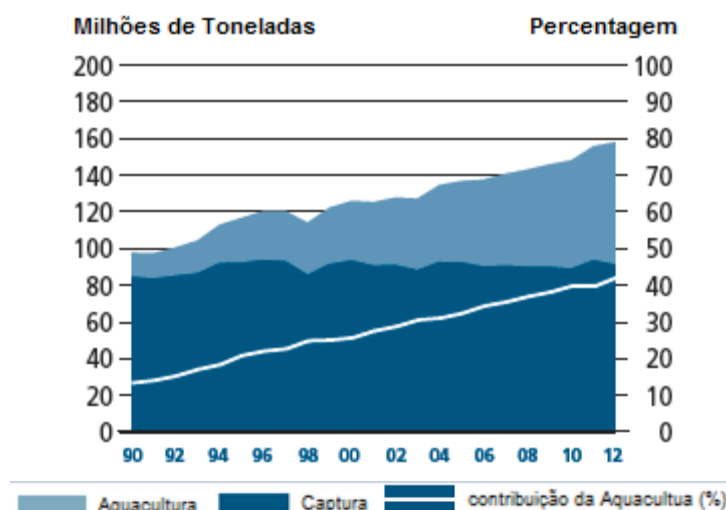


Figura 2: Contribuição da aquacultura na produção pesqueira mundial. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 1990 a 2012 (FAO 2014).

A aquacultura continua a crescer notoriamente, tanto em quantidade como em qualidade. No entanto, para atender à procura de uma população crescente, o sector deve aumentar a produção com base no desenvolvimento científico e tecnológico e de estratégias governamentais que visem alcançar a utilização responsável e sustentável dos recursos aquáticos (FAO 2014).

1.2. Aquacultura na União Europeia

A União Europeia (UE) constitui o maior mercado mundial de produtos da pesca e da aquacultura, mas também um dos mais heterogêneos, variando substancialmente em função do país.

A aquacultura tornou-se uma importante actividade económica, já que a UE apresenta uma extensão costeira de 5 500 km, condições ambientais, físicas e tecnológicas adequadas ao desenvolvimento desta actividade (Branco 2013). Em 2013, a UE colocou no mercado 1,28 milhões de toneladas de produtos de aquacultura, representando um aumento de 0,73 % em relação ao ano de 2012 e uma queda acumulada de 11% desde o pico de produção em 1999. A produção de peixes em aquacultura na UE em 2013 foi de 666 391

toneladas, com um valor total em primeira venda de aproximadamente 2 861 milhões de euros (APROMAR 2015).

Na União Europeia, os principais produtos de aquacultura são os peixes e os moluscos, sendo que a produção de algas, crustáceos e outros invertebrados é reduzida. As espécies mais produzidas na UE, em 2013, foram o mexilhão (*Mytilus spp*) (440 775 toneladas), seguido da truta arco-íris (*Onchorynchus mykiss*) (178 274 toneladas) e do salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (163 631 toneladas) (APROMAR 2015).

A Espanha é o estado-membro da UE com maior produção aquícola (223 709 toneladas em 2013; 17,5 % da UE). Contudo, quando se considera o valor do que é produzido, a Espanha situa-se em 5º lugar, com 408,35 milhões de euros (10,2% da UE), atrás do Reino Unido, com 802,7 milhões de euros (20%), França, com 713,5 milhões de euros (17,8%), Grécia, com 681,6 milhões de euros (17%), e Itália, com 418,28 milhões de euros (10,4%).

No sentido de aumentar a competitividade no sector aquícola, a UE tem vindo a promover o desenvolvimento da investigação e da tecnologia neste contexto, sendo que as suas prioridades passam pelo aumento da produção e desenvolvimento dos mercados, a garantia de um elevado nível de qualidade e segurança dos produtos, assim como a promoção do bem-estar animal e de práticas de produção responsáveis.

Relativamente à estratégia de desenvolvimento do mercado, esta insere-se na diversificação da oferta, através de novas espécies, cuja produção possa ser alternativa ou complementar à aquacultura já estabelecida, de forma a aumentar a competitividade e rentabilidade da actividade aquícola. Neste contexto, o desenvolvimento da produção à escala comercial de espécies como a corvina, sargo, bacalhau, atum e linguado do Senegal tem uma grande importância, dado o seu elevado valor económico (Gomes 2011).

1.2.1. Aquacultura em Portugal

1.2.1.1. *Características naturais*

Apesar do crescimento e modernização do sector aquícola, a aquacultura nacional ainda não alcançou volumes de produção capazes de contribuir, de forma relevante, para o abastecimento de pescado, complementando de maneira significativa os produtos provenientes da captura. Desta forma, o foco das preocupações das políticas nacionais e comunitárias enquadra-se na necessidade de desenvolvimento da produção aquícola em Portugal (DGRM 2013).

O território Português, encontrando-se sob a influência do mar Mediterrâneo e do oceano Atlântico, apresenta uma grande diversidade de habitats e, consequentemente, uma grande riqueza biológica, não só na qualidade das suas águas mas também na diversidade das espécies nelas existentes (Cassamo 2012, DGRM 2013).

Verifica-se a existência de algumas desembocaduras de cursos de água, nomeadamente estuários e rias, susceptíveis de reunir condições favoráveis para a prática aquícola, e uma linha de costa (incluindo as ilhas atlânticas) com uma extensão de 1859 km. Contudo, as condições geomorfológicas da costa continental portuguesa e das ilhas atlânticas e, sobretudo, as condições de mar nos meses de inverno dificultam a instalação de unidades de aquicultura em mar aberto e exigem a utilização de tecnologias inovadoras.

Das espécies mais comuns da fauna marinha nacional (peixes, moluscos e crustáceos), algumas, como a dourada, o robalo, a amêijoia, o pregado e o linguado, já foram trabalhadas zootecnicamente para a produção em cativeiro e outras reúnem boas características como o elevado valor comercial, a adaptabilidade ao cativeiro e a perspectiva do domínio, a médio prazo, do seu ciclo biológico, que as tornam futuras candidatas à produção aquícola (DGRM 2013).

1.2.1.2. *Desenvolvimento da aquicultura*

Portugal apresenta uma grande tradição de consumo de pescado (colocando o país em 3º lugar a nível mundial, depois do Japão e da Islândia), sendo a produção (pesca e aquicultura) insuficiente para satisfazer a elevada procura (Gomes 2011). Em 2010, a produção nacional de pescado permitia satisfazer níveis de consumo *per capita* na ordem dos 23 kg/ano, manifestando-se insuficiente para os valores de 57 kg/ano de consumo nacional (FAO 2010).

Com a queda da actividade pesqueira, a aquicultura tem vindo a constituir uma importante alternativa às formas tradicionais de abastecimento de pescado (Matusse 2012).

Desde o início dos anos 90, a produção aquícola aumentou de 4 457 toneladas (em 1990) para 10 317 toneladas em 2012, representando um valor de 54 milhões de euros. No caso específico da produção em águas marinhas e salobras, ocorreu um aumento de 7 648 toneladas no mesmo período (Figura 3) (DGRM 2013).

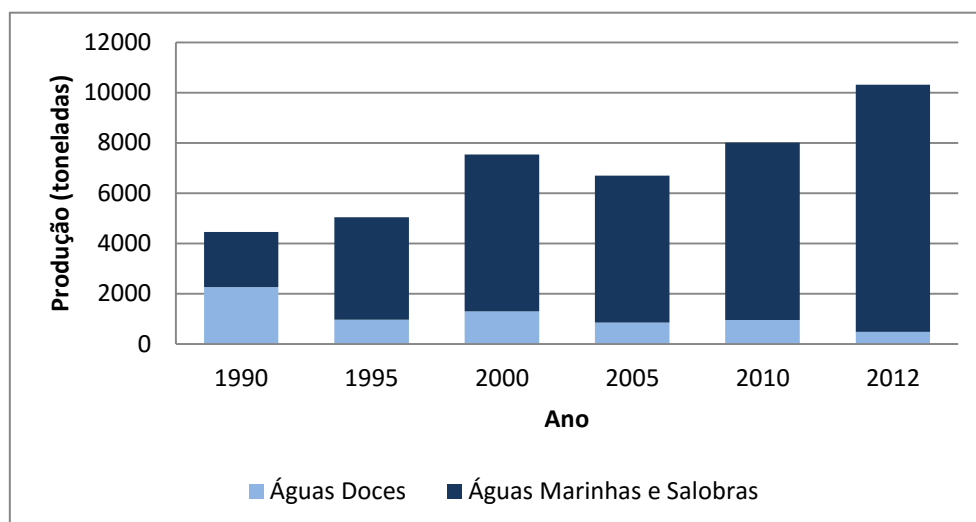


Figura 3: Evolução da produção aquícola nacional por meios de cultura. Adaptado de DGRM (2013).

1.2.1.3. Caracterização em função do grau de controlo sobre o processo

Regime Extensivo

A produção de espécies marinhas em Portugal começou em estuários e lagoas costeiras, adoptando o regime de cultivo extensivo, reaproveitando as infra-estruturas da indústria do sal, o que constitui um processo barato, fácil e com baixos impactos ambientais (DGRM 2013).

Na produção extensiva, os organismos são produzidos com recurso a alimento oferecido apenas pelo meio de cultura (presas vivas), sendo sistemas influenciados pelas marés e que, tradicionalmente, se utilizam para a produção de bivalves, contribuindo com uma parcela muito significativa da produção aquícola nacional, cerca de 39,9% (Branco 2003, Imsland *et al.*, 2003, DGRM 2013)

Regime Semi-intensivo

A produção semi-intensiva, apesar de também utilizar as antigas infra-estruturas da indústria salineira, apresenta uma metodologia diferente dos sistemas extensivos e representa 10,7% do volume de produção nacional (DGRM 2013).

Neste género de cultivo é utilizado um regime alimentar misto (alimento artificial complementado com presas vivas existentes no meio), sendo a acção do homem proeminente na manutenção do cultivo dos organismos (Branco 2003, Imsland *et al.*, 2003, DGRM 2013) .

A renovação de água neste regime funciona com a força das marés, onde no Atlântico (a Sul da Europa) a diferença entre o nível das marés pode variar entre 0,5 a 3,5 m. Através de uma gestão hidrológica adequada (utilizando comportas, marés e bombeamento de água) é possível criar um fluxo que alimenta estes tanques (Figura 4) (Hubert *et al.*, 2006, Yúfera & Arias 2010).



Figura 4: Tanques de terra para produção de Robalo (*Dicentrarchus labrax*) na piscicultura de semi-intensivo RIAQUA - Aveiro, Portugal - vista geral à esquerda; vista em detalhe à direita (Foto: A. Costa).

As densidades de produção diferem entre pisciculturas, assim como o tamanho dos tanques. Contudo, geralmente, estes sistemas cobrem grandes áreas com tanques que podem variar entre um e vários hectares e densidades de produção entre 0,5 e 6 kg/m³ (maioritariamente abaixo dos 2 kg/m³) até ao final do ciclo de produção. Nestes sistemas, a policultura de dourada (*S. aurata*) e robalo (*D. labrax*) é uma prática estabelecida, sendo que

a proporção é definida em função da espécie dominante, normalmente 4:1 (Ferreira *et al.*, 2010).

No caso de a piscicultura produzir essencialmente robalo, a dourada ajuda no controlo do crescimento de macroalgas e na limpeza dos tanques. Por outro lado, uma piscicultura em que a produção é maioritariamente de dourada, o robalo, devido à sua natureza predatória, é usado para controlar as populações de pequenos peixes que entram naturalmente nos tanques e que poderiam competir por alimento (Ferreira *et al.*, 2010)

Regime Intensivo

O regime intensivo, ao contrário dos extensivo e semi-intensivo, caracteriza-se pela utilização de densidades elevadas, no qual existem altos índices de controlo e onde todos os parâmetros de produção se encontram sob observação permanente. Envolve custos iniciais muito elevados, utilizando tecnologia avançada de forma a maximizar a eficiência de produção. Neste tipo de cultura, a espécie é alimentada recorrendo exclusivamente a alimento artificial e o rendimento de crescimento é aumentado recorrendo frequentemente a metodologias de manejo avançadas, como calibragens e amostragens sucessivas.

O domínio, mais ou menos efectivo, da tecnologia de reprodução e de crescimento, permite um controlo elevado de todo o ciclo, podendo conduzir à independência total das condições naturais e à progressiva melhoria genética da produção (Diniz 1998, Cassamo 2012).

Nos últimos anos, instalaram-se alguns estabelecimentos a funcionar em regime intensivo na orla costeira nacional, captando a água do mar e produzindo, essencialmente, pregado (*Psetta maxima*), linguado (*S. senegalensis*) e em águas interiores a produzir truta (*Oncorhynchus spp.*). A instalação de estabelecimentos em mar aberto ao longo da costa nacional, em áreas que reúnem condições de mar favoráveis, tem vindo a ser incentivada, encontrando-se alguns estabelecimentos já em produção (costa Algarvia) e estando prevista a instalação de novas unidades em Áreas de Produção Aquícola (APA) para a cultura de bivalves na costa Algarvia e na costa ocidental (Zona Centro).

O desenvolvimento do regime intensivo, nos últimos anos, tem permitido volumes de produção na ordem dos 49,4% da produção nacional (Figura 5) (DGRM 2013).

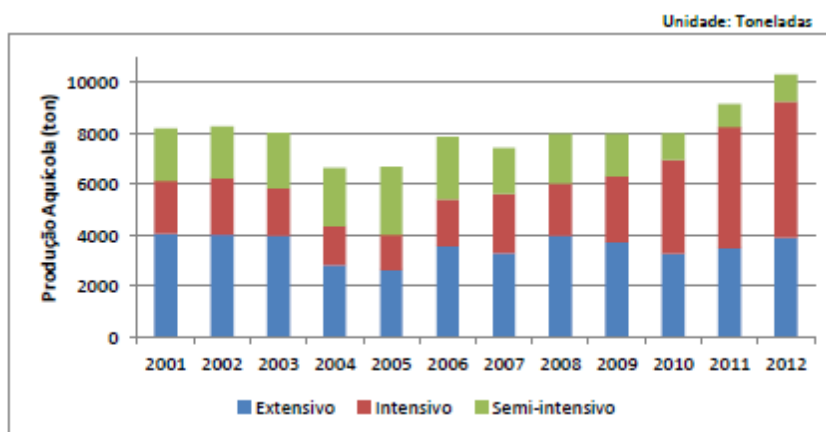


Figura 5: Produção aquícola nacional por regime de exploração. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 2001 a 2012 (DGRM 2013).

1.2.1.4. Caracterização em função do número de espécies

Monocultura

A monocultura é caracterizada pelo cultivo de uma única espécie num dado espaço. Este tipo de cultivo está fortemente associado a sistemas de produção intensiva, onde o foco de crescimento, manejo e controlo de surtos de patologias está dirigido apenas para a espécie de produção (Hilbrands 2004).

Um possível inconveniente da monocultura é o risco de uma única doença poder afectar todos os peixes da unidade, enquanto que, normalmente, diferentes espécies de peixes, no mesmo tanque, apresentam maior probabilidade, em caso de surto, de sobreviver uma das espécies, já que serão susceptíveis a doenças distintas (Hilbrands 2004).

Cultura multitrófica integrada

A cultura multitrófica integrada é a prática que combina, nas proporções adequadas, diferentes espécies de diferentes níveis tróficos.

Este género de cultura permite reciclar os subprodutos de uma espécie que servirão de alimento ou energia para outros organismos, possibilitando assim, a diminuição de desperdícios e o aumento da produtividade total (Figura 6).

A cultura multitrófica integrada permite criar sistemas equilibrados no que toca à sustentabilidade ambiental, estabilidade económica (diversificação de produtos) e aceitabilidade social (melhores práticas de gestão), e distingue-se da policultura, na qual se produz diferentes espécies pertencentes ao mesmo nível trófico (Soto 2009).

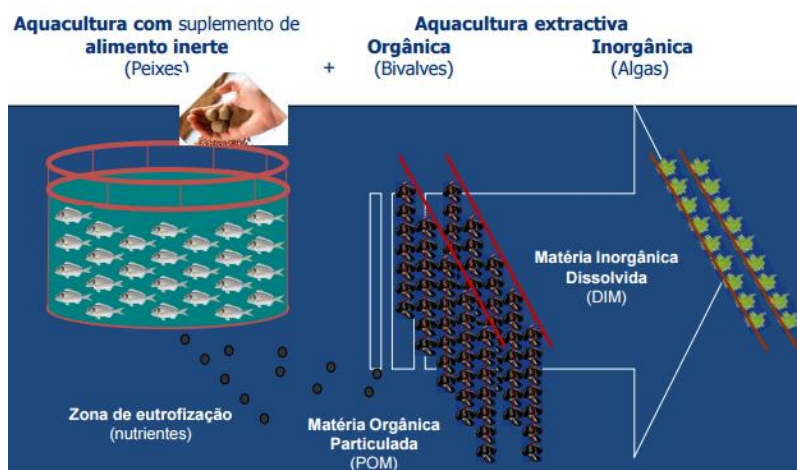


Figura 6: Diagrama de uma aquacultura multitrófica integrada. Adaptado de Soto (2009).

Policultura

A policultura é, por norma, baseada na utilização de organismos do mesmo nicho trófico e espacial, na mesma unidade produtiva, com o objectivo de obter a máxima produção por unidade de área (Rahman *et al.*, 1992).

A selecção das espécies para policultura é muito importante, já que têm de ser escolhidas de forma a que não compitam directamente uma com a outra por alimento e habitat. Não podem apresentar interacções tróficas entre as duas espécies, ou seja, não pode existir predação de uma espécie sobre a outra (Mestre 2008).

O uso de um sistema de policultura de dourada e de robalo, amplamente utilizado em Portugal, tem a vantagem de corrigir a proliferação de algas que se verifica na monocultura de robalo em tanques de terra. O único cuidado a reter quando se aplica este sistema, prende-se com o facto de a dourada ter um crescimento mais rápido que o robalo, o que pode ser corrigido com a introdução mais tardia dos juvenis de dourada ou pela introdução de juvenis de robalo maiores (Mestre 2008).

A exploração de duas espécies distintas permite ainda explorar o mercado com maior elasticidade, pois torna a sustentabilidade económica da exploração menos dependente de um produto apenas (Mestre 2008).

1.2.1.5. *Espécies produzidas*

A evolução das espécies exploradas em Portugal está dividida em três períodos diferenciados. Até à década de 70, a produção aquícola era dominada pelos mugilídeos (espécies de baixo valor comercial) que representavam cerca de 80% da produção. A década de 80 caracterizou-se pelo aumento de pisciculturas em águas interiores, nomeadamente de truta arco-íris, acompanhada pela produção de bivalves (especialmente amêijoas) em águas salobras e marinhas.

O forte crescimento e modernização, na década de 90, da aquicultura de espécies marinhas, centralizaram-se a produção de robalo (*D. labrax*) e de dourada (*S. aurata*). Mais recentemente, espécies como o pregado (*P. maxima*) e o linguado (*S. senegalensis*), também começaram a conquistar importância (DGRM, 2013).

Face à tendência de crescimento da produção proveniente de culturas em águas marinhas ou salobras, verificou-se que, de 2010 a 2013, as espécies ícticas mais produzidas foram a dourada, o robalo e o pregado (DGRM 2013, FEAP 2014) (Figura 7).

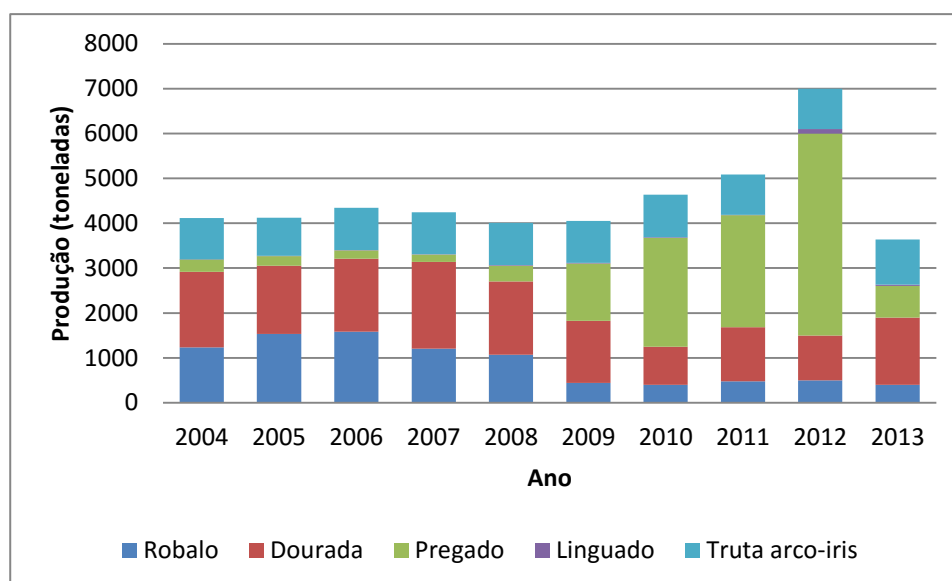


Figura 7: Produção aquícola nacional relativa a peixes no período de 2004-2013. Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 2004 a 2013 (FEAP 2014).

1.3. O linguado do Senegal (*Solea senegalensis*) como espécie aquícola

1.3.1. Biologia da espécie

A espécie *Solea senegalensis* (Figura 8) pertence à ordem dos Pleuronectiformes, à família Soleidae e ao género *Solea* (Matusse 2012). Caracteriza-se por ser uma espécie demersal, pouco activa, plana, com um corpo oval e com mecanismos de mimetismo (Dinis *et al.*, 1999, Matusse 2012). Na fase adulta habita zonas costeiras entre os 80 e os 100 metros de profundidade, preferindo substrato de areia ou vaza (Dinis 1986).



Figura 8: Linguado do Senegal (*Solea senegalensis*) (Foto: R. Ramos).

Trata-se de uma espécie gonocórica, ovípara com fertilização externa, sendo que os períodos de reprodução são anuais e a desova escalonada. A época de postura estende-se por um período de 4 meses, de Março a Junho, com um máximo de emissão de ovos em Maio, atingindo a maturidade aos 3 anos de idade e com um comprimento de aproximadamente 32 cm (Dinis 1986, Imsland *et al.*, 2003).

A espécie *S. senegalensis* está adaptada a águas subtropicais e temperadas, e a ambientes de salinidade elevada (30 a 35), distribuindo-se nas águas do oceano Atlântico, desde França até ao Senegal, sendo encontrada em toda a costa continental Portuguesa, principalmente nos estuários do Tejo e Sado, e na Costa Algarvia; no Mar Mediterrâneo estende-se pelas costas do norte de África, Espanha, Itália e Grécia (Figura 9) (Branco 2003, Özcan 2010).

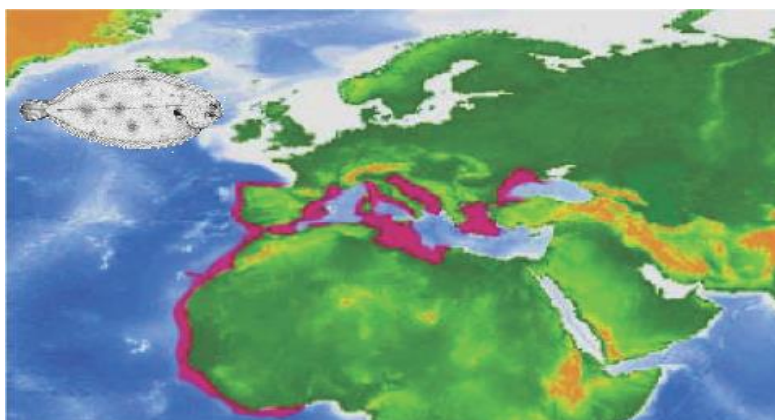


Figura 9: Distribuição geográfica de *Solea senegalensis* (em cor-de-rosa) (Özcan 2010)

As larvas desta espécie são planctónicas e pelágicas durante 15 a 20 dias e depois tornam-se bentónicas aquando da metamorfose, na qual perdem a simetria bilateral. Nesta fase, infiltram-se no interior dos estuários e lagoas costeiras e procuram os fundos arenosos de águas salobras (Branco 2003, Matusse 2012).

Os adultos alimentam-se de invertebrados bentónicos (ex. poliquetas e moluscos) e pequenos crustáceos (ex. anfípodes e isópodes), enquanto as pós-larvas e os juvenis se alimentam de pequenos crustáceos, predominantemente copépodes, apesar de consumirem também poliquetas (Branco 2003, Özcan 2010, Gomes 2011)

1.3.2. Processo produtivo

Apesar de ainda existirem elevadas taxas de mortalidade na fase de desmame (passagem de alimento vivo para alimento inerte), a produção larvar de *S. senegalensis* está tecnicamente dominada. Actualmente, é possível cultivar esta espécie através dos 3 regimes clássicos de produção (Branco 2003).

1.3.2.1. *Regime Intensivo*

Presentemente, é clara a tendência para centrar a produção em sistemas intensivos onde se usa apenas alimento comercial artificial e é possível manter ambientes altamente

controlados, utilizando tanques pouco profundos de betão ou fibra de vidro (Morais *et al.*, 2014).

Na produção em regime intensivo, foi implementado recentemente um sistema com recirculação de água, que tem sido utilizado em várias pisciculturas de produção de linguado em Portugal e Espanha, permitindo um melhor controlo de condições ambientais como a temperatura da água e os resíduos azotados (Morais *et al.*, 2014). Experiências comparando o crescimento de *S. senegalensis* em sistema de recirculação e em circuito aberto demonstraram um crescimento muito superior para o primeiro (Villanueva & Alonso 2014).

Nos sistemas de recirculação, a taxa de renovação da água depende de cada instalação e antes de reentrar no sistema, a água de produção, passa por diferentes tratamentos. Normalmente, em primeiro lugar sofre uma filtração mecânica para eliminar sólidos em suspensão, seguindo-se de uma filtração biológica onde se eliminam os compostos azotados tóxicos. Estes compostos são provenientes, geralmente, do metabolismo das proteínas que integram o alimento, sendo que a sua decomposição é fundamental nos sistemas de recirculação, devido à alta toxicidade de amónia e nitritos (Villanueva & Alonso 2014).

Depois da filtração biológica, a água é esterilizada (normalmente com ozono ou radiação ultravioleta) e oxigenada antes de voltar aos tanques de produção. Algumas unidades apresentam sistemas de aquecimento/arrefecimento da água para manter a temperatura entre 19 e 22° C (Figura 10) (Villanueva & Alonso 2014).

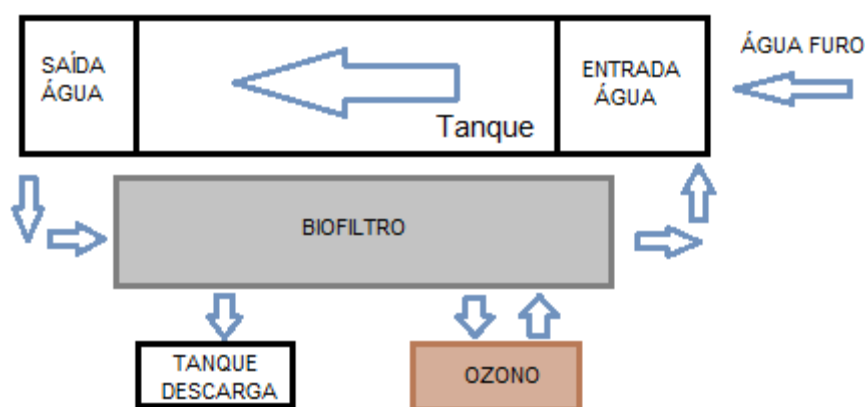


Figura 10: Esquema do sistema em circuito fechado da empresa de produção intensiva de linguado - AQUACRIA, localizada na Torreira, Aveiro, Portugal.

Reprodução e Incubação

A produção industrial do linguado tem-se baseado na desova de reprodutores de origem selvagem, capturados em águas oceânicas costeiras, lagoas costeiras ou em tanques de terra, e levados para as aquaculturas ou centros de investigação (Dinis *et al.*, 1999, Morais *et al.*, 2014). A qualidade dos reprodutores, o método de captura, assim como as condições ambientais e nutricionais têm sido considerados factores importantes para a obtenção de gâmetas viáveis (Dinis *et al.*, 1999).

Os reprodutores são pescados, preferencialmente, em épocas entre posturas (Julho a Setembro) com o objectivo de impedir as fêmeas de entrarem em *stress* e consequentemente em regressão gonadal (i Gozalbo & Josep 2007). Os *stocks* de reprodutores mantêm-se em baixa densidade ($\leq 5 \text{ kg/m}^2$), sendo que a aclimatização à dieta, desde os invertebrados à ração, se realiza de forma gradual (Figura 11) (Dinis *et al.*, 1999).

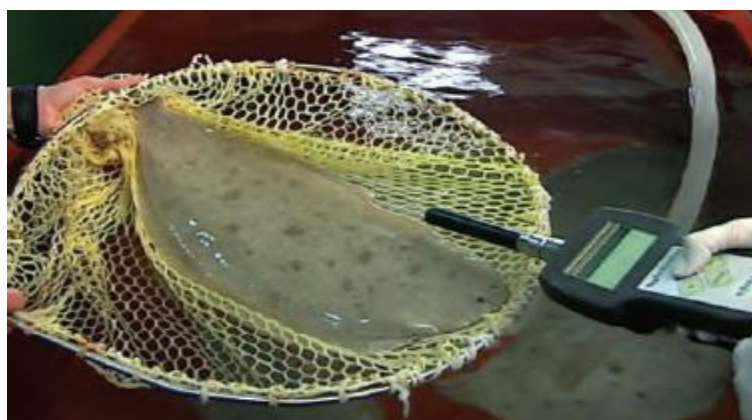


Figura 11: Leitura do microchip implantado num reprodutor de *Solea senegalensis* (Villanueva & Alonso 2014).

A razão macho-fêmea, normalmente, utilizada em cativeiro é de 1:1 ou 2:1, promovendo posturas de Fevereiro a Maio e de Outubro a Dezembro, com uma fertilidade média que ronda os 28.000 ovos por postura e por quilo de exemplares femininos (Anguis & Canavate 2005).

De forma análoga a outras espécies, tanto o fotoperíodo como a temperatura estão implicados no controlo do *timing* da desova. O fotoperíodo natural tem sido o mais comumente recomendado e utilizado para desovas bem-sucedidas (Dinis *et al.*, 1999, Anguis & Canavate 2005, Morais *et al.*, 2014). O ciclo de temperaturas está intimamente

relacionado com a desova e poderá ser um factor mais importante que o fotoperíodo (Dinis *et al.*, 1999, Anguis & Canavate 2005), sendo que a espécie *S. senegalensis* tem desovas entre 15 e 22 °C, ocorrendo a fecundidade mais elevada entre 16 e 21 °C (Anguis & Canavate 2005, Morais *et al.*, 2014).

Através do controlo de temperatura (oscilando entre 16 e 18°C), é possível estender a época de desova natural (com desovas mensais) de Março a Novembro, embora com produção de ovos variável (Morais *et al.*, 2014).

A maioria dos ovos (65-73%) são imitidos 3 dias depois de um aumento de temperatura de 2,5°C, sendo que a taxa de fertilização pode ser muito variável (43-63%). A taxa de eclosão, que ocorre aproximadamente 42 horas depois da fecundação (a 19 °C), apresenta valores de 70-75% (Anguis & Canavate 2005, i Gozalbo & Josep 2007).

A densidade dos ovos nos tanques de incubação nunca deverá ultrapassar os 500-1000 ovos/litro e devem ser feitas observações diárias à lupa do desenvolvimento embrionário, através de uma amostragem dos ovos flutuantes. Para estimar a mortalidade diária, fecha-se a aeração e o aporte de água, deixando decantar os ovos mortos durante 10 minutos, e abrindo a válvula de drenagem (Villanueva & Alonso 2014).

Depois da eclosão das larvas, observa-se a sua qualidade (forma, tamanho, malformações) e, finalmente, faz-se uma estimativa do número de larvas para calcular o número de tanques necessário para a produção larvar (Villanueva & Alonso 2014).

Produção Larvar

A produção larvar inicia-se com a eclosão das larvas (dia 0), com um comprimento de $2,4 \pm 0,1$ mm, com pequenas variações que se devem ao *stock* e ao tamanho dos ovos, e um peso aproximado de 0,35 mg (Dinis 1986). As larvas caracterizam-se por serem pouco activas, nadando passivamente à superfície, com a boca e o ânus fechados e olhos simétricos, sendo que a densidade óptima considerada e que permite obter alevins de boa qualidade é de 40 larvas/litro, apesar de suportarem densidades maiores (Villanueva & Alonso 2014).

Durante os primeiros dias, as larvas apresentam uma alimentação endógena, absorvendo o conteúdo do saco vitelino até à formação do sistema digestivo e da abertura da boca e do ânus, quando iniciam a alimentação exógena (Figura 12) (Villanueva & Alonso 2014).



Figura 12: Desenvolvimento embrionário desde a postura até à eclosão (em horas) – linha superior; Absorção do saco vitelino e abertura de boca das larvas (em dias) a $14 \pm 0,5$ °C – linha inferior (Herrero *et al.*, 2007).

No caso desta espécie, a alimentação exógena inicia-se com rotíferos (*Brachionus plicatilis*) enriquecidos com fitoplâncton (*Isochrysis galbana*) ou produtos comerciais (óleos, emulsões ricas em nutrientes essenciais) durante os primeiros dias. Passados 5 a 6 dias de vida, alimentam-se com náuplios de Artémia e, entre o 7º e 9º dia, adiciona-se metanáuplios de Artémia enriquecidos com microalgas (*I. galbana*) ou com produtos comerciais, mantendo-se assim até ao desmame total (40-60 dias), isto é, até à aclimatização das larvas a alimento inerte (ração comercial de pequeno tamanho) (i Gozalbo & Josep 2007, Villanueva & Alonso 2014).

Durante o período de produção larvar, as taxas de crescimento e de ingestão de alimento são elevadas e, para além disso, é nesta fase que se destacam fortes mudanças morfológicas, nomeadamente a metamorfose (Villanueva & Alonso 2014) que, normalmente, começa no dia 11, com a migração do olho, e só estará concluída por volta do dia 19, onde as larvas apresentam um comprimento médio de $7,3 \pm 0,8$ mm e iniciam uma vida bentónica (Dinis *et al.*, 1999, i Gozalbo & Josep 2007). Uma alimentação inadequada durante a fase larvar e/ou durante a metamorfose pode provocar graves problemas de mortalidade, malformações, malpigmentação e patologias (i Gozalbo & Josep 2007).

O fotoperíodo é normalmente de 24 horas de luz desde o dia 0 até ao início da fase bentónica, e a partir desse momento diminui gradualmente para 16 horas de luz e 8 horas de escuridão, sendo que a temperatura óptima para a produção larvar é de 18-20 °C (Villanueva & Alonso 2014).

A produção larvar, no caso desta espécie, pode-se estender por um período de 90 dias, findo o qual o peso médio das larvas ronda as 1,5 g e as taxas de sobrevivência podem superar os 80 %. Esta fase é de extrema importância, sendo necessário ter em conta

inúmeros factores que podem influenciar o desenvolvimento das larvas, como a alimentação equilibrada, a temperatura e o fotoperíodo (Villanueva & Alonso 2014).

Desmame

Aquando do desmame, os alevins apresentam um peso entre 1,5 e 2,0 g, sendo neste momento transferidos para uma zona designada de *nursery*, onde permanecem até atingirem pesos entre 5 e 10 g, correspondendo aproximadamente a 60 dias de produção. Nesta fase, a temperatura de produção é de 18-20° C, a densidade inicial apresenta valores de 500-1500 alevins/m², a alimentação baseia-se apenas em ração comercial caracterizada por apresentar um elevado conteúdo proteico (50-60%), e a sobrevivência ronda os 90-95% (Villanueva & Alonso 2014).

Algumas unidades de produção, quando os peixes alcançam as 5-10 g, sujeitam-nos a vacinas contra as principais doenças bacterianas que afectam a produção (tenacibaculosee vibriose), antes de transferirem os peixes para o local de engorda (Villanueva & Alonso 2014).

Engorda

Um dos factores mais importantes no processo de engorda é a temperatura, já que esta espécie se caracteriza por ser muito sensível a alterações deste parâmetro, sendo o seu crescimento reduzido para valores abaixo dos 18 °C (Villanueva & Alonso 2014).

O processo de engorda do linguado apresenta duas fases distintas: a pré-engorda e a engorda propriamente dita. A fase de pré-engorda inicia-se com peixes com peso médio entre 5,0 a 10 g, a uma densidade de 2 kg/m², podendo durar 5 a 6 meses, dependendo da temperatura, até obter peixes com um peso médio de 80-90 g, a uma densidade de 10 kg/m² (Villanueva & Alonso 2014).

A fase de engorda apresenta densidades iniciais de 10-12 kg/m² e pode atingir densidades máximas de 22-25 kg/m². Esta fase pode durar entre 9 a 10 meses e os peixes crescem até ao tamanho comercial que depende dos objectivos de cada empresa (200-300 g, 300-400 g, 400-500 g) (Figura 13) (Villanueva & Alonso 2014).



Figura 13: Exemplares de *Solea senegalensis* com tamanho comercial (Villanueva & Alonso 2014).

As populações desta espécie apresentam uma estrutura hierarquizada, onde o tamanho dos indivíduos não é relevante, sendo que as fêmeas apresentam um crescimento superior e os machos apresentam um papel mais activo no estabelecimento das hierarquias (Sánchez *et al.*, 2010). Por outro lado, o crescimento de *S. senegalensis* caracteriza-se por uma elevada dispersão de comprimentos e pesos, obrigando a realizar várias classificações e calibrações ao longo de todo o processo de pré-engorda e engorda (Villanueva & Alonso 2014). Devido a esta elevada heterogeneidade, no processo de calibragem, é comum classificar os linguados em grupos designados de caudas (indivíduos com um potencial de crescimento menor), médios (indivíduos com um potencial de crescimento médio), e cabeças (indivíduos com um potencial de crescimento elevado).

A taxa de alimentação diária na fase de pré-engorda oscila entre 2,5 e 3 % do seu peso, sendo que apresentam melhores resultados de conversão do alimento com taxas de 2,5 % (Rodríguez & Quintáns 2011). A taxa vai diminuindo durante o processo de engorda, oscilando, normalmente, entre 1,8-1,2 %, sendo cada vez menor à medida que o peixe aumenta de peso. As empresas elaboram os seus próprios protocolos de alimentação (Villanueva & Alonso 2014).

Os índices de conversão alimentar, com a ração utilizada actualmente, podem oscilar entre 1,3 e 1,5. A ração que se utiliza para o linguado caracteriza-se por um elevado teor de proteína (> 50%), uma percentagem de lípidos de 12-16%, inferior ao das outras espécies de peixes planos (que normalmente ronda os 20%). Ao aumentar a quantidade de lípidos na dieta, não existe qualquer efeito na redução da proteína, como acontece com outros peixes e constata-se a redução do metabolismo lipídico, levando à redução da capacidade de deposição de gordura no músculo (Valente *et al.*, 2011). Por outro lado, a utilização de fontes proteicas de origem vegetal como alternativa à farinha de peixe tem mostrado bons

resultados com substituições de 75 %, sem que o crescimento ou as características organolépticas sejam afectados (Cabral *et al.*, 2011, Villanueva & Alonso 2014).

Durante o processo de engorda, realizam-se amostragens mensais com o objectivo de controlar a biomassa da piscicultura e calcular os diversos índices de crescimento. Por outro lado, periodicamente, realizam-se controlos sanitários das populações para minimizar surtos de patologias. A mortalidade durante esta fase ronda, normalmente, os 10% e quando os peixes alcançam o peso comercial pescam-se dos tanques de produção e sacrificam-se, colocando-os em recipientes contendo água e gelo, sendo, posteriormente, transferidos para as salas de processamento onde são classificados por peso e embalados em caixas com gelo cobertas com uma película de plástico (Villanueva & Alonso 2014).

Patologias mais comuns

As doenças continuam a ser um grande obstáculo na produção desta espécie (Cañavate *et al.*, 2009), visto que se caracteriza por ser bastante sensível a processos patológicos, fundamentalmente de carácter infeccioso. Contudo, nos últimos anos tem existido um grande avanço neste campo e actualmente existe tratamento terapêutico ou preventivo através da aplicação de vacinas (Villanueva & Alonso 2014).

Presentemente, existem algumas patologias que afectam o cultivo do linguado e, possivelmente, estão associadas à falta de técnicas de produção padronizadas e adequadas, a más condições zootécnicas ou de higiene dos tanques e à adopção de temperaturas da água que excedem os 22 °C (Cañavate 2005).

Os principais problemas são doenças bacterianas, nomeadamente a tenacibaculose (*Tenacibaculum maritimum*), a fotobacteriose (*Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*), a vibriosis (*Vibrio anguillarum*, *Vibrio harveyi*, *Vibrio alginolyticus*) e a edwardsielosis (*Edwardsiella tarda*).



Figura 14: Exemplos de *Solea senegalensis* com sinais de Tenacibaculose (Villanueva & Alonso 2014).

A tenacibaculose é uma patologia que afecta também outros peixes planos, como o pregado (*P. maxima*), e caracteriza-se por apresentar vários sinais externos, como úlceras progressivas na pele, boca e barbatanas (Morais *et al.*, 2014, Villanueva & Alonso 2014), sendo que os peixes afectados mostram perda total da epiderme e da derme, assim como necroses extensas nas camadas musculares (Figura 14) (Vilar *et al.*, 2012). Condições ambientais (temperaturas elevadas, baixa qualidade da água, excesso de radiação UV), factores de gestão (alta densidade e má alimentação) e factores relacionados com o hospedeiro (*stress* e condição da superfície da pele) são condições associadas a esta doença (Avendaño & Rubén 2005). Sendo uma doença que pode causar lesões cutâneas e problemas sistémicos, os tratamentos baseiam-se em aplicação periódica de banhos preventivos (formalina e água oxigenada) ou ração medicada quando os banhos não são eficazes (Morais *et al.*, 2014, Villanueva & Alonso 2014). Actualmente, o melhor tratamento é a aplicação de programas preventivos de vacinação, com vacinas registadas para pregado (Icthiovac TM®), sendo aplicadas através de banhos, em peixes de 1 a 2 g, seguida de injeções de reforço, em peixes de 20 a 30 g (Avendaño *et al.*, 2006), ou com autovacinas desenvolvidas para o efeito (Morais *et al.*, 2014, Villanueva & Alonso 2014).

A fotobacteriose é responsável por elevadas perdas na indústria da aquacultura, principalmente na área do Mediterrâneo e do Atlântico Sul, provocando mortalidades massivas em inúmeras espécies de peixes marinhos (Morais *et al.*, 2014, Villanueva &

Alonso 2014). Os surtos desta doença estão associados a temperaturas de produção acima dos 18 °C (Padrós *et al.*, 2003) e, na maioria dos casos, em surtos espontâneos com grandes mortalidades, sendo que os espécimes não apresentam qualquer tipo de lesão aparente, o que dificulta a possível prevenção da doença. No entanto, em algumas ocorrências da doença (crónicas e sub-agudas) são observadas lesões externas nos peixes infectados, incluindo apenas sintomas inespecíficos como palidez branquial, pequenas úlceras, inchaço da cavidade abdominal, despigmentação da pele e peixes moribundos que nadam erráticamente. Internamente, observa-se granulomas brancos no baço e palidez no fígado, sendo que estas lesões são mais frequentes na fase de engorda e pré-engorda (Morais *et al.*, 2014, Villanueva & Alonso 2014).

O tratamento desta patologia torna-se difícil com antibióticos, pois o *S. senegalensis* é muito sensível à doença e os peixes deixam rapidamente de se alimentar, dificultando o tratamento. Por outro lado, os peixes portadores podem sofrer re-infecção em condições de *stress*. Estão-se a implementar vacinas registadas para dourada e robalo, que se aplicam com imersão na fase de alevinagem, embora com baixa eficácia (Villanueva & Alonso 2014).

A vibriose pode afectar o *S. senegalensis*, frequentemente, como uma infecção secundária associada com uma tenacibaculose inicial, mas, muitas vezes, pode também ser uma infecção primária, sendo que a sua patogénese ainda não é muito clara (Padrós *et al.*, 2003). Os peixes apresentam lesões cutâneas na superfície dorsal, inflamação ao redor dos olhos e hemorragias na zona ventral, ao redor das barbatanas e da boca (Zorrilla *et al.*, 2003). O tratamento recomendado passa pela aplicação de programas preventivos de vacinação ou pela antibioterapia com ração medicada (Villanueva & Alonso 2014).

Edwardsiellose é uma patologia emergente, mas que até ao momento tem causado graves problemas na produção (Villanueva & Alonso 2014). Os peixes apresentam lesões cutâneas na superfície dorsal, inflamação ao redor dos olhos, hemorragias na zona ventral, bem como lesões internas como ascite abundante, fígado anémico e rins com hemorragias petequiais (Castro *et al.*, 2012).

Existem referências de outras doenças associadas a agentes virais que afectam a produção de linguado e têm causado importantes mortalidades. A encefalopatia e a retinopatia viral, causadas por um agente do género *Betanodavirus*, afectam fundamentalmente larvas e juvenis, os quais apresentam perda de apetite, natação errática (em espiral, perda de equilíbrio) e, internamente, apresentam uma vacuolização do sistema nervoso central e da retina (Morais *et al.*, 2014, Villanueva & Alonso 2014). Embora o vírus possa ser transmitido horizontalmente através do contacto entre peixes doentes e saudáveis, a principal via de transmissão é vertical (Barja 2004), sendo de estrita

importância detectar reprodutores portadores de nodavirus que poderiam transmitir às larvas através dos ovos fertilizados (Morais *et al.*, 2014).

Actualmente não existem tratamentos eficazes ou vacinas comerciais para o nodavirus e a recomendação passa por remover e sacrificar de imediato as unidades populacionais infectadas (Morais *et al.*, 2014).

As doenças parasitárias, relativamente pouco frequente na produção de linguado, são também motivo de preocupação. Nos últimos anos, uma nova patologia parasitária tem afectado algumas produções desta espécie - a doença sistémica amébrica (síndrome dos abscessos). Embora esta doença parasitária não seja associada a mortalidades elevadas e crescimentos reduzidos, os peixes apresentam protuberâncias na superfície da pele, sinais inespecíficos da doença (letargia e natação esporádica e irregular) e, internamente, pequenos nódulos no fígado, tracto digestivo, coração e rim (Constenla & Padrós 2010), sendo que as lesões musculares desenvolvidas podem, mais tarde, impedir a comercialização do peixe (Morais *et al.*, 2014). A detecção precoce do parasita na instalação deve ser uma prioridade para o controlo da doença, já que não existe um tratamento eficaz conhecido (Figura 15) (Morais *et al.*, 2014).

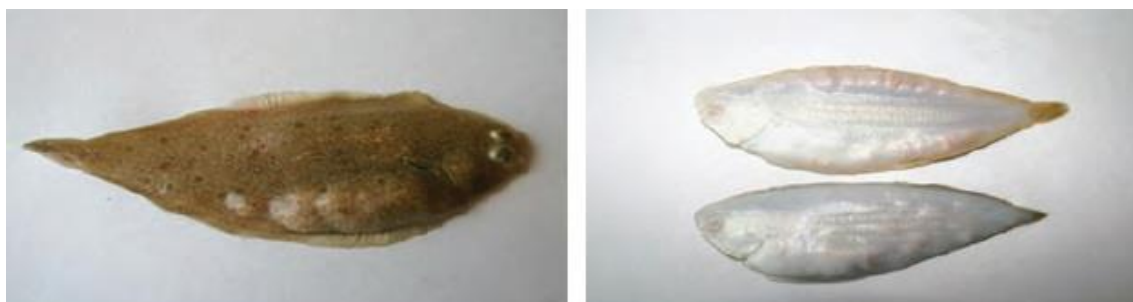


Figura 15: Exemplares de *Solea senegalensis* com sinais da doença sistémica amébrica (Villanueva & Alonso 2014).

1.3.2.2. Regimes Extensivo e Semi-intensivo

O povoamento de *S. senegalensis* em tanques de terra em sistemas extensivos/semi-intensivos, há acerca de 15-20 anos, mostrava ser muito conveniente, principalmente em instalações já existentes, visto oferecer a oportunidade de policultura e, consequentemente, permitindo um investimento baixo e menos arriscado. Contudo, a maioria das tentativas de produzir linguado em tanques de terra falhou devido ao comportamento alimentar bentónico

desta espécie (que dificultava a gestão do tanque), assim como à introdução de juvenis sem desmame e demasiado pequenos ($< 0,2$ g), e ainda à falha na eliminação de predadores naturais que entravam nos tanques antes do povoamento dos linguados (Imsland *et al.*, 2003).

Nestes últimos anos, graças à evolução de metodologias e conhecimento biológico, a produção de linguado nestes sistemas começou a ter alguma relevância, principalmente no sul de Espanha (Cádiz, Huelva e Andaluzia) e sul de Portugal (Algarve), como um produto de valor acrescentado em policultura semi-intensiva com dourada e robalo (Ferreira *et al.*, 2010, Yúfera & Arias 2010).

Os juvenis de linguado podem ser introduzidos provenientes de maternidades ou, no caso de organismos selvagens, ser passivamente estabulados nos tanques. Alimentam-se de presas naturais ou de restos de ração comercial da espécie principal de cultivo, traduzindo-se assim num baixo investimento por parte dos produtores. A sobrevivência e os processos de crescimento do linguado nestes sistemas são variáveis e dependem das características sedimentares e da densidade de robalo ou dourada nestes tanques; contudo, as taxas de crescimento do linguado parecem ser promissoras (Ferreira *et al.*, 2010, Morais *et al.*, 2014). As patologias emergentes neste tipo de regime são as mesmas descritas anteriormente.

Nestes tipos de sistemas de produção, para além dos juvenis de linguado, ocorrem naturalmente outras espécies como a enguia (*Anguilla anguilla*) e tainhas (ex. *Mugil spp.*) (Morais *et al.*, 2014).

Actualmente, embora os tanques de terra sejam utilizados para a produção extensiva/semi-intensiva, a tendência na produção de linguado foca-se em sistemas de produção intensiva (Morais *et al.*, 2014). Assim, é notória a lacuna no conhecimento e desenvolvimento da metodologia de produção de linguado em policultura com robalo e dourada nestes sistemas.

1.3.3. Aspectos comerciais

Nos últimos 30 anos, o linguado do Senegal (*Solea senegalensis*) atraiu importantes pesquisas e desenvolvimentos na metodologia de produção, bem como consideráveis investimentos, sendo uma das espécies que tem sido identificada com maior potencial e interesse comercial na aquacultura marinha (Howell 1997, Dinis *et al.*, 1999).

Exceptuando os tempos mais recentes, a produção do *S. senegalensis* no sul da Europa não apresentou sucesso comercial. O baixo sucesso é, provavelmente, explicado pela sua elevada vulnerabilidade a doenças (ex. fotobacteriose e tenacibaculosis), pela dificuldade na formulação de dietas de desmame que levavam a um baixo crescimento e altas mortalidades de juvenis, pelas baixas taxas de crescimento em densidades elevadas, pelas anormalidades na pigmentação e pelas malformações relacionadas com a migração do olho na fase de metamorfose (Dinis *et al.*, 1999, FAO 2011).

Em anos recentes têm surgido importantes desenvolvimentos tecnológicos e avanços significativos, não só no conhecimento biológico, mas também nos requisitos nutricionais desta espécie em cativeiro, levando assim a um grande impulso na sua produção.

O linguado do Senegal apresenta um elevado valor comercial, sendo bastante procurado não só nos mercados da Península Ibérica, mas também amplamente na Europa (Bjørndal & Guillen 2014). Os países do sul da Europa têm seleccionado esta espécie para produção, pois, em comparação ao *Solea solea* (Linguado comum), apresenta maiores taxas de crescimento (Cañavate *et al.*, 2009) e requer temperaturas mais elevadas (Howell 1997).

As capturas pesqueiras de linguado sofreram, entre 1995 e 2012, um decréscimo na ordem dos 43 %, para além do tamanho médio dos espécimes ter diminuído, o que contrasta com a preferência dos consumidores por peixe maior e com preços de mercado proporcionais ao tamanho. Por outro lado, entre 2002 e 2013, as estatísticas de comercialização de um dos mais importantes mercados Espanhóis (MercaMadrid) demonstraram preços médios constantes para os diferentes produtos de linguado (Bjørndal & Guillen 2014). Para além disso, este peixe alcança consistentemente preços elevados nos mercados Europeus (Morais *et al.*, 2014). Acresce a estes factores que os mercados do sul da Europa, saturados com as principais espécies de produção aquícola (*Sparus aurata* e *Dicentrarchus labrax*), têm incentivado a produção de linguado e, consequentemente, a diversificação da produção aquícola marinha (Morais *et al.*, 2014).

Desde 2005 até 2013, a produção em Portugal e Espanha aumentou das 11 e 60 toneladas para as 35 e 313 toneladas, respectivamente, sendo que em Portugal a produção atingiu as 100 toneladas no ano de 2012 (Figura 16) (FEAP 2014).

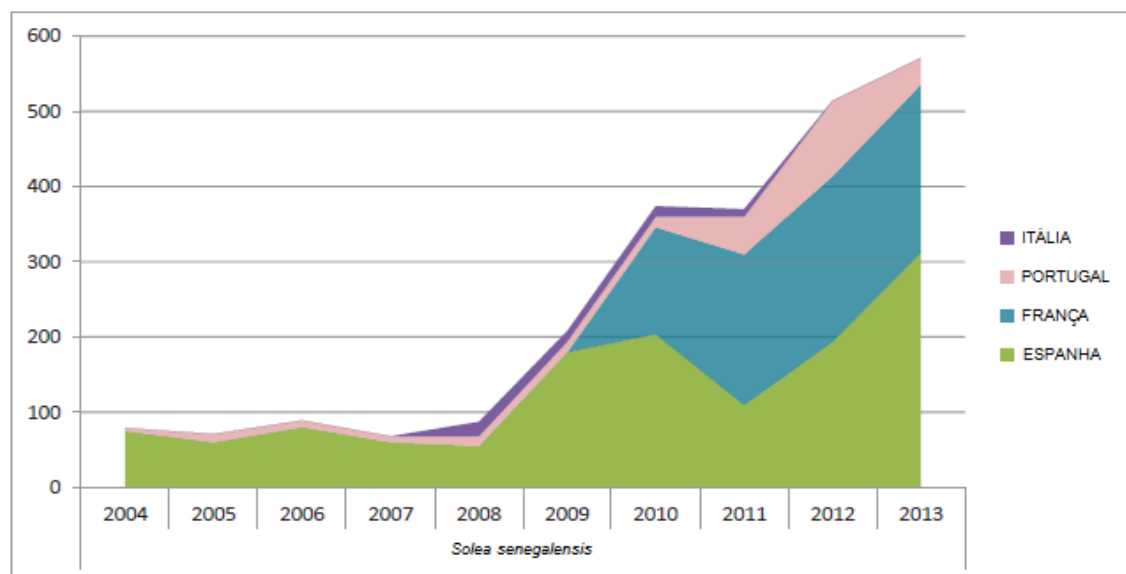


Figura 16: Produção europeia de *Solea senegalensis* em aquacultura (em toneladas). Os números no eixo horizontal representam a referência dos anos desde 2004 a 2013 (FEAP 2014).

A Espanha representa o maior mercado de linguado na Europa, seguida da França e da Itália (Bjørndal & Guillen 2014).

O custo de produção de *S. senegalensis* tem sido estimado em 9,62 €/kg. Contudo, espera-se que este valor desça consideravelmente, abaixo dos 7,0 €/kg, com a expansão da indústria, com uma melhor domesticação da espécie e com o aparecimento de rácios alimentares mais baixos devido à formulação de rações especializadas (Bjørndal & Guillen 2014, Morais *et al.*, 2014). Por outro lado, o preço do linguado de aquacultura no Mercamadrid em 2013 atingiu 12,25 €/Kg, valores ligeiramente superiores a linguados selvagens pequenos (< 500 g) (Bjørndal & Guillen 2014).

Apesar de existirem ainda inúmeros desafios a superar, depois de uma análise económica rigorosa, Bjørndal & Guillen (2014) concluíram que as perspectivas de mercado para a expansão do linguado do Senegal produzido em aquacultura são boas. Contudo, esta realidade foca-se, essencialmente, no cultivo em regime intensivo e todos os esforços para a expansão e investimento, com o objectivo de intensificar a produção desta espécie, têm excluído o semi-intensivo/extensivo.

A falta de conhecimento e parco desenvolvimento do cultivo de linguado em regime semi-intensivo/extensivo precisam de ser colmatados, pois pode estar a perder-se uma alternativa para o desenvolvimento da aquacultura, com uma espécie de alto valor no

mercado e que traria um valor acrescentado a um sistema de produção que atravessa uma crise de rentabilidade com a produção de robalo e dourada, contribuindo para a sua sustentabilidade económica.

2. Objectivos da dissertação

Actualmente é amplamente reconhecido que Portugal reúne condições naturais favoráveis à actividade aquícola. No entanto, a produção aquícola nacional tem um peso ainda reduzido, nomeadamente por comparação com o sector da pesca. Face ao desenvolvimento acentuado dos volumes de produção de dourada e robalo registado nos últimos anos noutros países, os produtores nacionais destas espécies têm enfrentado problemas concorrenciais suplementares. Neste contexto, e de acordo com o actual Plano Estratégico Nacional para a Pesca (DGRM 2013), uma das grandes prioridades para o sector da aquacultura passa por reforçar, inovar e diversificar a produção aquícola. Uma análise crítica das várias possibilidades de diversificação da produção aquícola, baseada na componente biológica, mas sobretudo que garanta uma vantagem competitiva importante para as explorações nacionais, aponta para a escolha do linguado do Senegal como uma das espécies-alvo.

O linguado é assim uma das espécies com maior potencial para a aquacultura nacional; no entanto, a sua produção apenas se direcciona para cultivo intensivo (sistemas de recirculação), existindo uma enorme lacuna na exploração desta espécie em regime semi-intensivo e de policultura com dourada e robalo, actividade dominante em Portugal.

O presente estudo, integrado no Projecto SunSole¹, tem como objectivo geral a optimização de um protocolo de produção de *S. senegalensis* em regime semi-intensivo e policultura, mantendo padrões de bem-estar animal elevados e avaliando a sua viabilidade. Acresce ainda a intenção de avaliar a possibilidade deste modelo poder contribuir para aumentar a rentabilidade de explorações instaladas e dedicadas ao cultivo de outras espécies.

¹ O Projeto SunSole insere-se na estratégia de desenvolvimento da Aquacultura em Portugal, nomeadamente no Programa Operacional Pesca 2007-2013 (PROMAR) (Decreto Lei 81/2008 de 16 de Maio), em termos dos objectivos enunciados no Artigo 2º, nº2, alínea b) reforçar, inovar e diversificar a produção aquícola.

Os juvenis de primeira geração (com origem em reprodutores selvagens) de *Solea senegalensis* originam, normalmente, uma população bastante heterogénea em termos de crescimento. Assim, o protocolo de produção em regime intensivo prevê uma calibração da população às cerca de 80 g de peso médio, em que é isolado e eliminado um lote com tamanho inferior (caudas; 30-50 g), menos adaptado ao cultivo em condições intensivas, nomeadamente a densidades elevadas. Contudo, coloca-se a hipótese deste lote poder apresentar um melhor potencial de crescimento sob baixas densidades e em tanques de terra, dando corpo a um outro objectivo relacionado com a rentabilização de lotes de cauda (que em regime intensivo seriam eliminados) e com a possibilidade de obter um produto de elevada qualidade e valor comercial acrescido.

Como objectivos específicos, o estudo, pretende:

- Identificar a melhor estratégia de policultura em termos de combinação de espécies (*i.e.* linguado em combinação com dourada, com robalo, ou com ambas as espécies);
- Definir as densidades óptimas de linguado e da espécie de cultivo (robalo e/ou dourada) em regime de policultura, que permitam otimizar o crescimento da espécie em estudo;
- Definir as épocas do ano ideais para a introdução do linguado;
- Elucidar sobre o tipo de sedimento ideal para o crescimento da espécie em estudo;
- Perceber a eventual influência da latitude na optimização do crescimento da espécie introduzida.

3. Materiais e Métodos

3.1. Organismos

No presente estudo, foram utilizados juvenis de *S. senegalensis* fornecidos pela empresa de produção em regime intensivo Aquacria Piscícolas, S.A. do grupo Sea8 (Torreira, Portugal). O lote de peixes seleccionado foi caracterizado como cauda (organismos com um menor potencial de crescimento em regime intensivo) e resultou duma população oriunda da unidade de reprodução Safiestela, S.A. (Póvoa de Varzim, Portugal), do mesmo grupo empresarial.

A produção dos juvenis iniciou-se com a reprodução a partir de indivíduos capturados no meio selvagem e rastreados contra diversas doenças. Os ovos foram colhidos através de um colector próprio, testados quanto à sua viabilidade e colocados em tanques cilíndricos, onde, ao fim de cerca de dois dias, eclodiram. As larvas foram transferidas para a sala de cultivo larvar onde permaneceram até à sua metamorfose.

Os juvenis, depois da metamorfose, foram colocados na sala de desmame, fase na qual se processou a transição de alimento vivo para alimento inerte. Foram levadas a cabo triagens periódicas e os indivíduos caracterizados como caudas foram seleccionados e transferidos para a sala de pré-engorda, onde permaneceram até às 40 g, sendo depois transportados, através de camiões especializados, para a unidade de engorda (Aquacria Piscícolas, S.A.). Os juvenis permaneceram aí até ao momento da sua introdução nas pisciculturas seleccionadas, tendo sido usado um total de 35.158 peixes, com um peso médio de 101 g. Estes indivíduos foram transportados, da Aquacria para as pisciculturas a povoar, através de um camião de transporte de organismos aquáticos especializado e, chegado ao destino, foi realizado um processo de aclimatização quando a diferença da temperatura da água do camião para a do tanque de destino era superior a 3 °C. Posteriormente, os peixes foram colocados nos tanques, não existindo indícios de mortalidade significativa durante o transporte ou durante o povoamento.

3.2. Desenho experimental

3.2.1. Estrutura geral

Foram seleccionadas 4 pisciculturas - RIÁQUA, NASHARYBA, AQUALVOR e TIDELAND 2000 - de acordo com uma distribuição geográfica que permitisse abranger uma grande amplitude regional e inerente variedade de condições ambientais, assim como diferentes condições de produção (Figura 17).

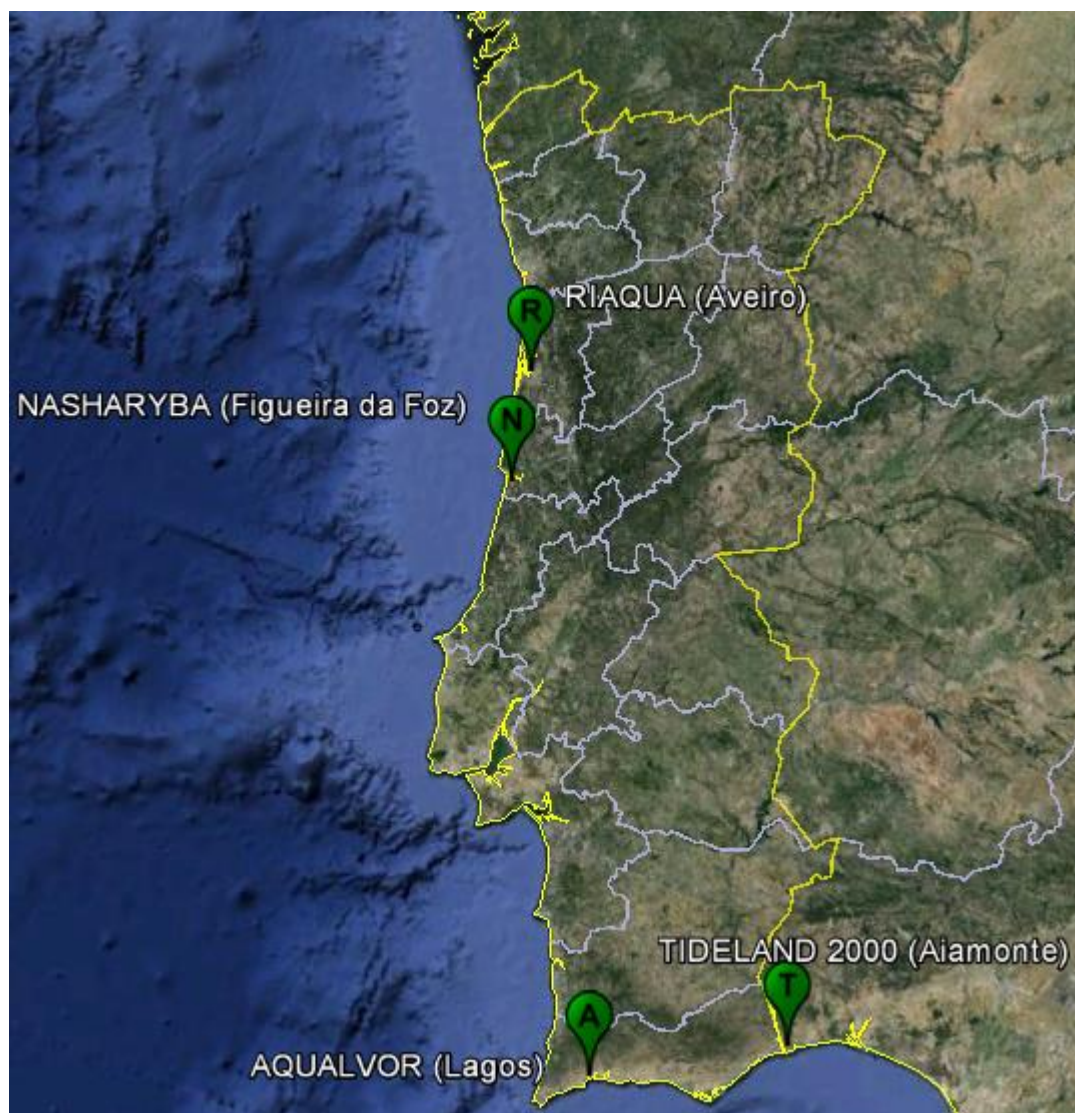


Figura 17: Localização das pisciculturas povoadas, ao longo de um gradiente geográfico (Adaptado do Google Earth).

Depois de identificadas as instalações aquícolas, foram introduzidos os linguados (ver dados biométricos na tabela 1), em policultura com dourada, com robalo ou com ambas as espécies, e testou-se o efeito da densidade, época de povoamento e características do sedimento. O estudo abrangeu um período médio de 12 meses. Na tabela seguinte estão registadas as condições gerais de povoamento.

Tabela 1: Condições gerais de povoamento nas pisciculturas em estudo.

Piscicultura	RIAQUA	NASHARYBA	AQUALVOR	TIDELAND 2000
Localização	Aveiro	Figueira da Foz	Lagos	Aiamonte
Nº de tanques	3	5	2	2
Caracterização do sedimento	Vasoso	Vasoso e Arenoso	Vasoso	Arenoso
Época de introdução	Junho/Julho	Novembro	Novembro	Junho/Julho
Nº total de linguados	3165	12702	5807	13484
Peso médio individual (g)	122	86	88	122
Densidade média (kg/m ²)	0,06	0,04	0,03	0,06

Aspectos como a densidade de produção de robalo e/ou dourada, assim como, a gestão da produção em termos de estratégia de alimentação, renovação de água, temperatura e oxigénio dissolvido foram definidos para cada exploração de acordo com as práticas já existentes.

3.2.2. Pisciculturas povoadas

3.2.2.1. RIÁQUA - Aveiro

A piscicultura está localizada ao largo da Ria de Aveiro (RIAQUA - Sociedade Aquícola de Aveiro Lda.), com uma área total de 6 hectares, apresentando 8 tanques de produção em terra, 1 tanque de admissão de água e 1 tanque de decantação que permite aos efluentes da área produtiva sedimentarem antes de serem libertados para a Ria durante a maré baixa.

Cada tanque apresenta uma área que varia entre 0,1 e 0,8 hectares e uma coluna de água média de 2 metros, sendo o método de renovação através das marés (2 vezes por dia) e, se necessário, a água é bombeada para o tanque de admissão e depois encaminhada para o tanque respectivo.

Os tanques possuem um arejador de pás e possibilidade de ligação a um gerador de oxigénio que é utilizado quando necessário (Figura 18). A alimentação é manual e os pontos de alimentação são variáveis.



Figura 18: Arejador de pás (Foto: A. Costa).

A produção baseia-se no robalo, apresentando uma percentagem de dourada ($\pm 10\%$ do total de cada tanque) com o objectivo de impedir o crescimento excessivo de macroalgas. Produz, cerca de 35 a 40 toneladas por ano e apresenta ciclos de produção de 24 meses para ambas as espécies de cultivo. No fim dos ciclos, os tanques são vazados e secos ao sol até apresentarem um aspecto gretado.

O método de pesca adoptado por esta unidade é através de redes. A piscicultura é frequentemente assolada por roubos e predadores naturais como os corvos marinhos, apesar de utilizarem sedas para cobrir os tanques.

O sedimento possui uma considerável percentagem de lamas, caracterizando-se como vasoso, sendo que na época de Verão, e em tanques que apresentem uma baixa quantidade de dourada ou apenas robalo, são vastamente colonizados por macroalgas.

A temperatura média, nos primeiros 5 meses do período amostral, manteve-se acima dos 18 °C, começando a descer no mês de Novembro e atingindo valores mínimos de 9,3 e 9,6 °C nos meses de Janeiro e Fevereiro (2015), respectivamente (Figura 19). Março de 2015 foi caracterizado por um aumento de temperatura, subindo até valores de 20,9 °C no mês Julho desse mesmo ano (Figura 19).

O oxigénio dissolvido médio manteve-se relativamente constante ao longo dos meses do período amostral, apresentando valores que variaram maioritariamente entre 5,1 e

6,3 mg/l, sendo que os únicos meses onde se verificaram valores acima de 7,0 mg/l foram os meses com as temperaturas mais baixas, nomeadamente Janeiro e Fevereiro de 2015 (Figura 19).

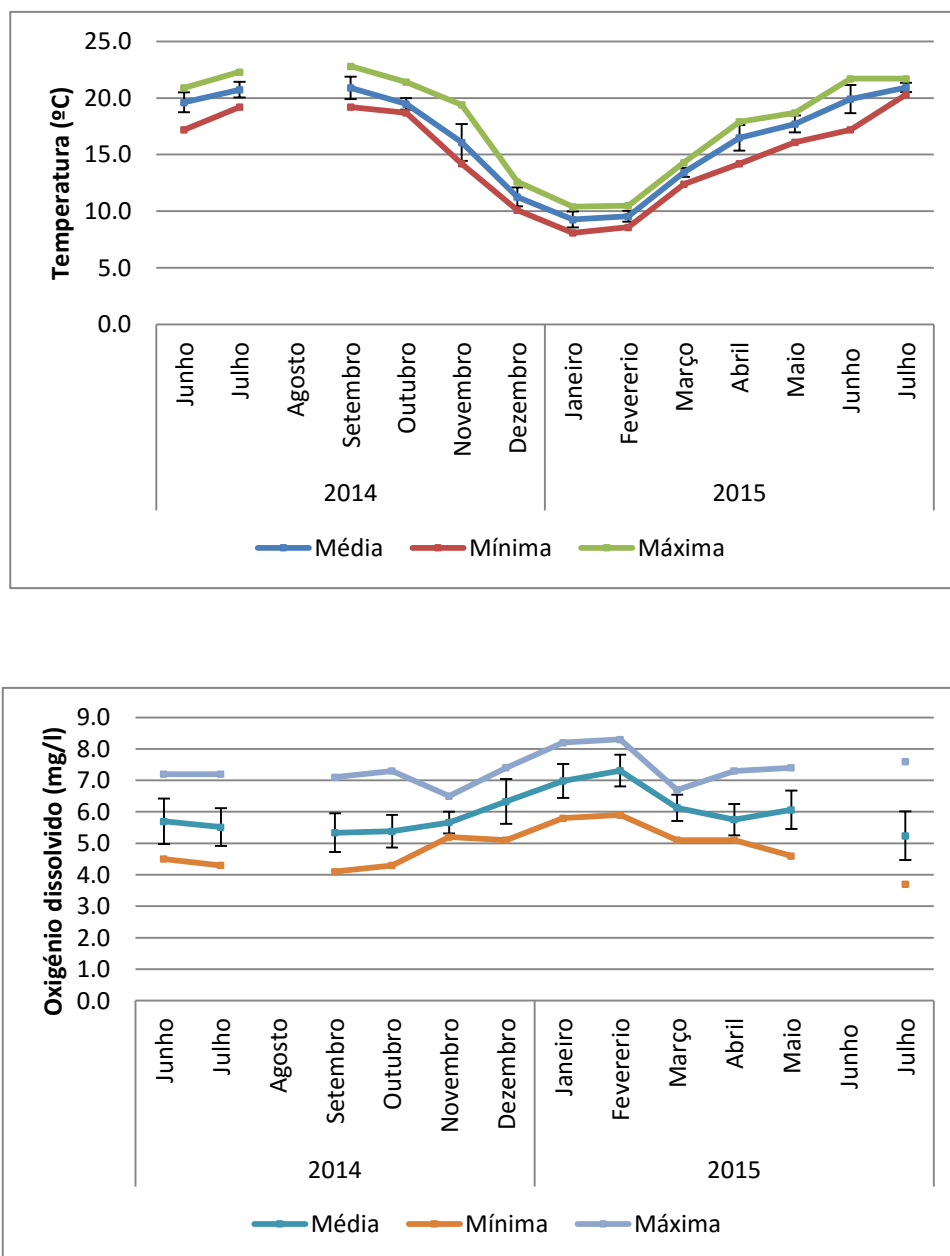


Figura 19: Valores médios, mínimos e máximos de temperatura da água (°C) e de oxigénio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (RIÁQUA) (Sem dados no mês de Agosto para temperatura e nos meses de Agosto e Junho para oxigénio dissolvido). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Junho de 2014 a Julho de 2015.

Tanques de estudo

Foram seleccionados 3 tanques para o estudo (R4, R7 e R8) (Figura 20). A caracterização de cada tanque é apresentada nas tabelas 2 e 3.



Figura 20: Identificação da estrutura geral da piscicultura (RIAQUA) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).

Tabela 2: Caracterização dos tanques em estudo em relação a dimensões e ao tipo de sedimento (RIÁQUA).

TANQUES	R4	R7	R8
Tipo de sedimento	Vaza	Vaza	Vaza
Profundidade média (m)	2	2	2
Área do tanque (m ²)	4000	1200	1200
Volume do tanque (m ³)	8000	2400	2400

Tabela 3: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (RIÁQUA).

TANQUES		R4	R7	R8
Espécie de Produção	Espécie	R+D (10%)	R+D (10%)	R+D (10%)
	Número de peixes	33000	12000	7700
	Peso médio (g)	20	20	20
	Biomassa (kg)	660	240	154
	Densidade (kg/m ³)	0,08	0,10	0,06
	Período de povoamento	Mai/14	Mai/14	Mai/14
Espécie Introduzida	Espécie	LS	LS	LS
	Número de peixes	2082	454	629
	Peso médio (g)	129	108	129
	Biomassa (kg)	269	49	81
	Densidade (kg/m ²)	0,07	0,04	0,07
	Densidade (kg/m ³)	0,03	0,02	0,03
	Período de povoamento	Jun e Jul/14	Jun e Jul/14	Jun e Jul/14

R-Robalo; D-Dourada; LS- Linguado do Senegal

3.2.2.2. NASHARYBA - Figueira da Foz

A piscicultura NASHARYBA encontra-se instalada junto ao braço sul do Rio Mondego e apresenta uma área total de 17 hectares, incluindo 18 tanques com, aproximadamente, 1 hectare cada.

A profundidade média da água é de 1,80 m e a renovação efectua-se através das marés e de bombagem. Contudo, devido às características hidrológicas da região, existem períodos em que a renovação da água só é possível a cada 5 dias e, em casos mais extremos, a cada 15 dias.

O tipo de sedimento varia entre os vários tanques, existindo tanques caracterizados por apresentarem uma grande percentagem de lamas (vasosos), tanques em que metade é vasoso e a outra metade é arenoso, e tanques constituídos essencialmente por areia (arenosos).

A produção assenta em duas espécies, robalo e/ou dourada, e o volume de produção está nas 30 a 40 toneladas/ano. Os ciclos de produção variam entre 24 e 30

meses e no final de cada ciclo a pesca é efectuada, através de uma rede de saco. Após vazamento dos tanques, estes passam por uma secagem, que dura entre 15 dias a 1 mês, e raspagem onde se retiram a maioria das lamas.

Cada tanque apresenta dois arejadores de pás, funcionando apenas um de cada vez, e não apresentam linhas de oxigénio que permitam injectar O₂ na água.

A alimentação é manual e existe um ponto fixo em cada tanque de onde alimentam as espécies de produção.

Apesar de todos os tanques estarem cobertos por redes, organismos como corvos marinhos, aves de rapina, garças, gaivotas e lontras são predadores comuns.

Os valores de temperatura e oxigénio dissolvido não foram registados pela piscicultura. Assim, os dados descritos foram fornecidos pelo Centro de Ecologia Funcional de Coimbra e medidos no braço Sul do Mondego, em água de fundo, perto da zona da instalação.

A média da temperatura, nos primeiros 7 meses do período amostral, manteve-se perto dos 15 °C. Os meses de Junho e Julho de 2015 registaram as médias mais elevadas, respectivamente 19,2 °C e 17,5 °C. Nos meses seguintes, nota-se uma descida gradual até valores médios, no mês de Novembro de 2015, de 15,8 °C (Figura 21).

O oxigénio dissolvido, por outro lado, apresentou os valores médios mais baixos no mês de Novembro de 2014 (6,4 mg/l), e nos meses seguintes até Setembro de 2015 registaram-se valores próximos de 8,0 mg/l, sendo que o mês com o valor médio mais elevado foi Novembro de 2015 (19,5 mg/l) (Figura 21).

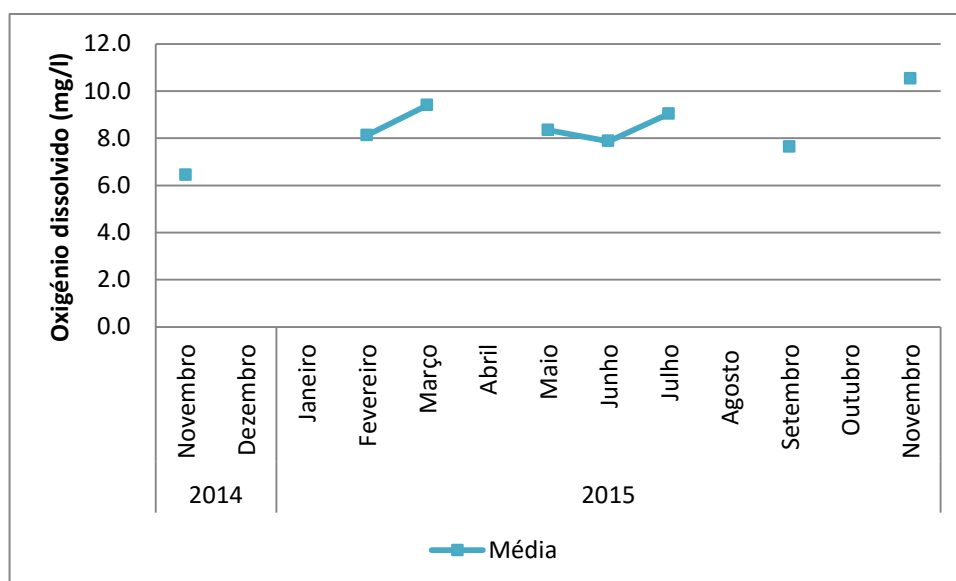
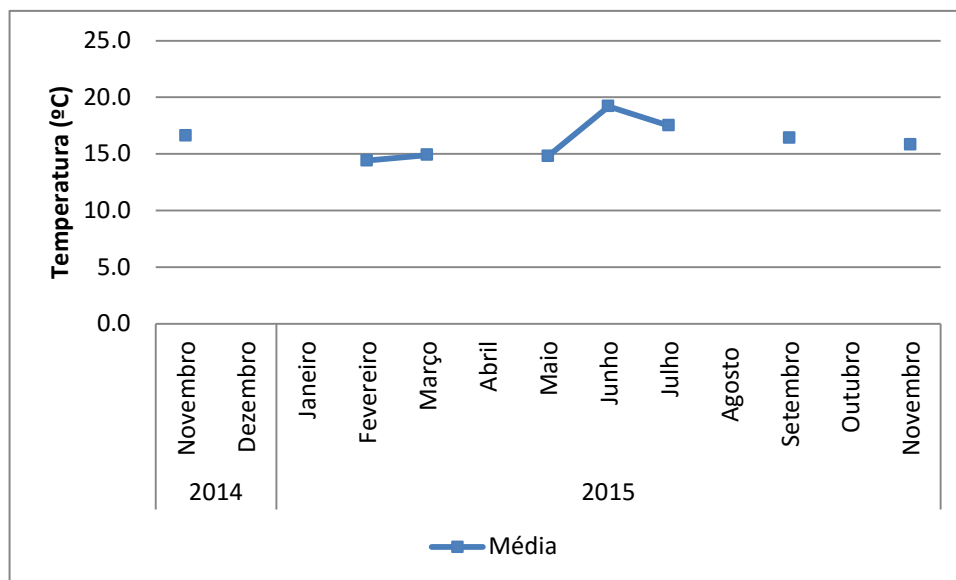


Figura 21: Valores médios de temperatura da água (°C) e de oxigénio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (NASHARYBA) (sem dados nos meses de Dezembro e Janeiro de 2014 e nos meses de Abril, Agosto e Outubro de 2015). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Novembro de 2014 a Novembro de 2015.

Tanques de Estudo

Foram seleccionados 5 tanques para o estudo (N3, N7, N9, N10, N11) (Figura 22). A caracterização de cada tanque é apresentada nas tabelas 4 e 5.



Figura 22: Identificação da estrutura geral da piscicultura (NASHARYBA) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).

Tabela 4: Caracterização dos tanques em estudo em relação a dimensões e ao tipo de sedimento (NASHARYBA).

TANQUES	N3	N7	N9	N10	N11
Tipo de sedimento	Vaza	Vaza	Vaza Arenoso	Arenoso	Vaza Arenoso
Profundidade média (m)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Área do tanque (m ²)	7850	6055	5596	5553	4909
Volume do tanque (m ³)	14131	10899	10072	9996	8836

Tabela 5: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (NASHARYBA).

TANQUES		N3	N7	N9	N10	N11
Espécie de Produção	Espécie	R	D	R-D (8%)	R-D (8%)	R-D (8%)
	Número de peixes	50000	30000	65000	65000	65000
	Peso médio (g)	20	30	20	20	20
	Biomassa (kg)	1000	900	1300	1300	1300
	Densidade (kg/m ³)	0,07	0,08	0,13	0,13	0,15
	Período de povoamento	Out/14	Mai/14	Ago/14	Ago/14	Ago/14
Espécie Introduzida	Espécie	LS	LS	LS	LS	LS
	Número de Peixes	1151	1150	2500	4101	3800
	Peso médio (g)	84	84	87	87	87
	Biomassa (kg)	97	97	218	357	331
	Densidade (kg/m ²)	0,01	0,02	0,04	0,06	0,07
	(kg/m ³)	0,01	0,01	0,02	0,04	0,04
	Período de povoamento	Nov/14	Nov/14	Nov/14	Nov/14	Nov/14

R-Robalo; D-Dourada; LS- Linguado do Senegal

3.2.2.3. AQUALVOR – Lagos

Situada ao largo da Ria de Alvor, a piscicultura AQUALVOR, apresenta uma extensão de 21,6 hectares, com 20 tanques que apresentam uma área média de 1 hectare.

A profundidade média é de 2,75 m, sendo a água renovada cerca de 50% por dia, através das marés e, caso necessário, através de um sistema de bombagem.

A produção assenta na dourada e/ou no robalo, sendo produzidos, anualmente, cerca de 400 toneladas. Os ciclos de produção variam entre 24 meses, para a dourada, e 27 meses, para o robalo, e no final de cada ciclo os peixes são pescados, através de redes e pequenas embarcações. Quando o tanque está vazio é sujeito a raspagens, onde se retiram a maioria das lamas, deixando-o pronto para ser povoado novamente.

Cada tanque apresenta 4 arejadores, a trabalharem em conjunto, e linhas de oxigénio que permitem a gestão do O₂ dissolvido. Existem 2 pontos fixos de alimentação por tanque, cada um com um alimentador automático; contudo, este método é suplementado com administração manual, que permite a distribuição de alimento por toda a extensão do tanque, aumentando a probabilidade de todos os peixes terem acesso à ração.

A piscicultura tem registo de algumas patologias, como vibriose, fotobacteriose, tenacibaculose e parasitoses que podem afectar a produção. Para além disso, e apesar de os tanques apresentarem protecções de redes, os peixes, estão sujeitos a predadores como lontras, garças e corvos marinhos.

A temperatura média, durante 6 meses do período amostral, manteve-se acima dos 18 °C (Abril a Setembro de 2015). De Novembro de 2014 a Março de 2015, a temperatura média apresentou valores que variaram entre 13,5 e 17,2 °C (Figura 23) (Figura 23).

O oxigénio dissolvido manteve-se relativamente constante ao longo dos meses do período amostral, apresentando valores que variaram entre 4,1 e 5,9 mg/l (Figura 23).

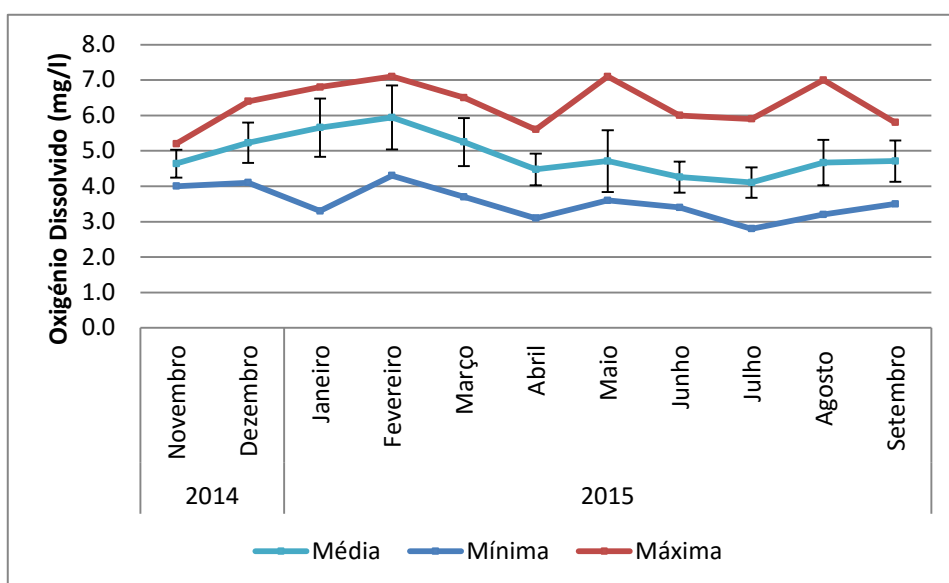
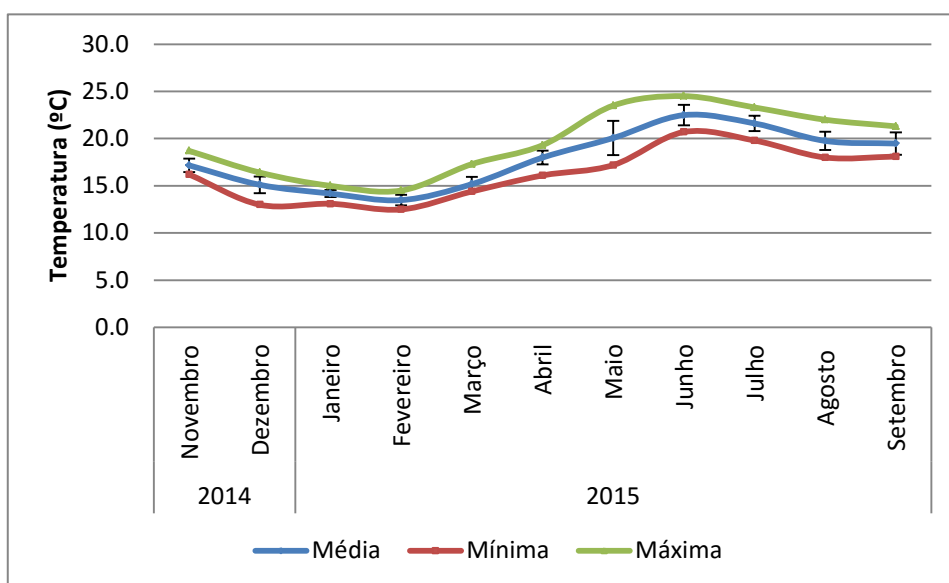


Figura 23: Valores médios, mínimos e máximos de temperatura da água (°C) e de oxigénio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (AQUALVOR). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Novembro de 2014 a Setembro de 2015.

Tanques de Estudo

Foram seleccionados 2 tanques para o estudo (AQ6 e AQ12) (Figura 24). A caracterização de cada tanque é apresentada nas tabelas 6 e 7.



Figura 24: Identificação da estrutura geral da piscicultura (AQUALVOR) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).

Tabela 6: Caracterização dos tanques em estudo em relação ao tamanho e ao tipo de sedimento (AQUALVOR).

TANQUES	AQ6	AQ12
Tipo de sedimento	Vaza Arenoso	Vaza Arenoso
Profundidade média (m)	2,75	2,75
Área do tanque (m ²)	8000	6000
Volume do tanque (m ³)	22000	16500

Tabela 7: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (AQUALVOR).

TANQUES		AQ6	AQ12
Espécie de Produção	Espécie	D	R-D (1%)
	Número de peixes	258000	201800
	Peso médio (g)	115	150
	Biomassa (kg)	29670	30270
	Densidade (kg/m ³)	1,35	1,83
	Período de povoamento	Mar/14	Mai/14
Espécie Introduzida	Espécie	LS	LS
	Número de peixes	4000	1807
	Peso médio (g)	85	90
	Biomassa (kg)	340	163
	Densidade (kg/m ²)	0,04	0,03
	Densidade (kg/m ³)	0,02	0,01
	Período de povoamento	Nov/14	Nov/14

R-Robalo; D-Dourada; LS- Linguado do Senegal

3.2.2.4. TIDELAND 2000 - Aiamonte (Sul de Espanha)

A piscicultura situa-se em Aiamonte (Huelva - Espanha), na zona estuarina do Rio Guadiana. Apresenta uma extensão de 90 hectares e produz anualmente 200 toneladas de robalo e 300 toneladas de dourada em monocultura e em policultura.

Apesar de ser uma unidade ainda em fase de instalação, possui 7 tanques activos, em que cada tanque apresenta entre 1 a 3 hectares, uma altura média de água de 1,50 m e o tipo de sedimento caracteriza-se por ser maioritariamente arenoso, contendo também alguma percentagem de vaza.

A alimentação é feita através de alimentadores automáticos e de acordo com a estimativa da biomassa, sendo os pontos de alimentação fixos num dos lados do tanque e mais perto da comporta de entrada.

O método de pesca é através de redes e auxiliado com pequenas embarcações. Os tanques estão cobertos por redes contra predadores e os ciclos de produção de dourada e robalo rondam os 14-16 meses.

A renovação da água dos tanques faz-se apenas pelas marés (cerca de 25 % por dia), sem ajuda de bombas, e cada tanque apresenta 1 arejador. Contudo, devido às características hidrológicas do local, por vezes, não é possível renovar a água dos tanques durante alguns dias, já que a amplitude das marés não o permite.

A temperatura média, durante 6 meses do período amostral, manteve-se acima dos 18 °C (Junho a Outubro de 2014 e Maio de 2015). Novembro de 2014 a Abril de 2015 a temperatura variou entre 9,3 °C e 17,5 °C, sendo que Janeiro de 2015 exibiu os valores mais baixos de 9,3 °C (Figura 25).

O oxigénio médio manteve-se relativamente constante ao longo dos meses do período amostral, apresentando valores que variaram entre 5,4 e 6,7 mg/l. Contudo, de Novembro de 2014 a Março de 2015, em paralelo com as temperaturas mais baixas, registaram-se oxigénios médios mais elevados que rondaram entre 7,2 e 9,1 mg/l (Figura 25).

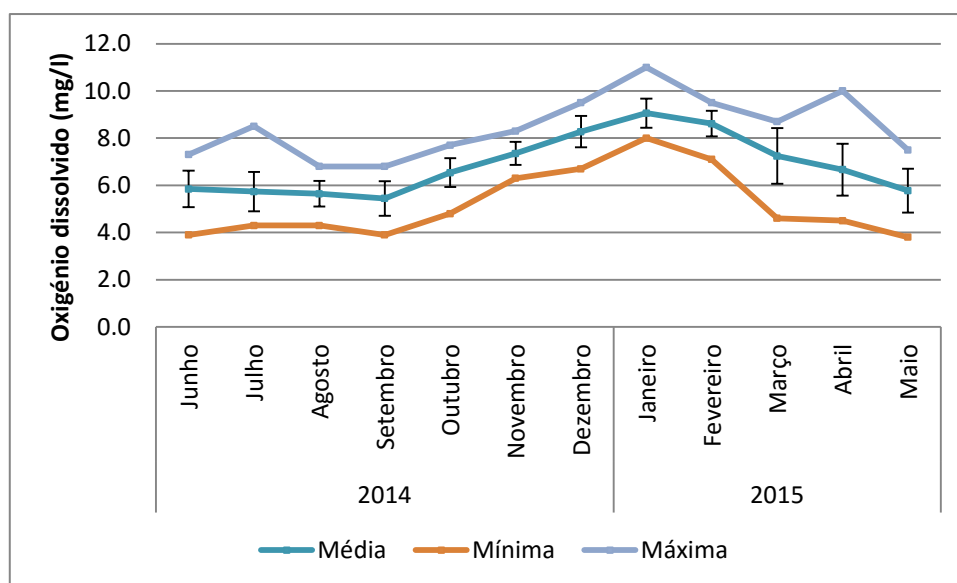
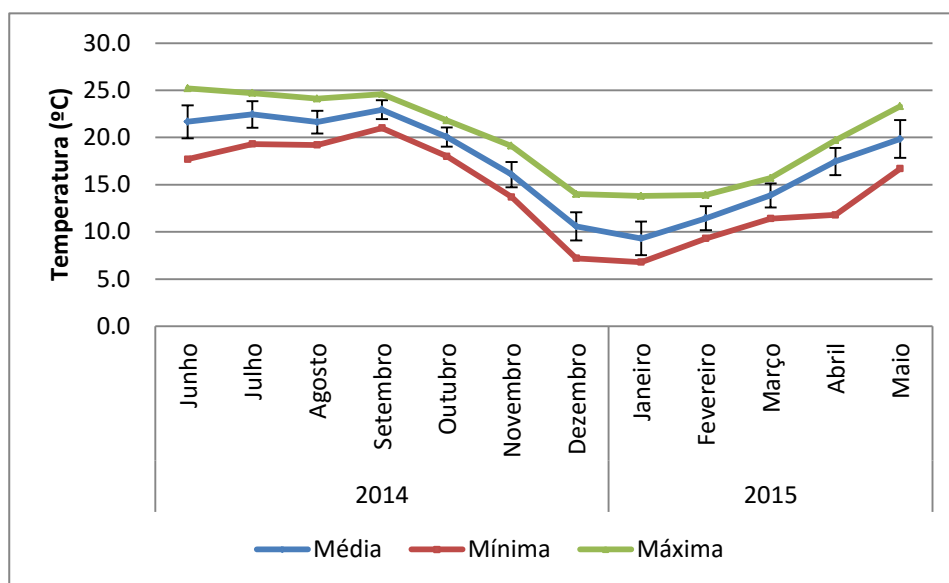


Figura 25: Valores médios, mínimos e máximos de temperatura da água (°C) e de oxigénio dissolvido (mg/l), ao longo do período de amostragem (TIDELAND 2000). Os números no eixo horizontal representam o período amostral desde Junho de 2014 a Maio de 2015.

Tanques de Estudo

Foram seleccionados 2 tanques para o estudo (T8.6 e T9.1) (Figura 26). A caracterização de cada tanque é apresentada nas tabelas 8 e 9.



Figura 26: Identificação da estrutura geral da piscicultura (TIDELAND 2000) e dos tanques em estudo (Adaptado do Google Earth).

Tabela 8: Caracterização dos tanques em estudo em relação ao tamanho e ao tipo de sedimento (TIDELAND 2000).

TANQUES	T8.6	T9.1
Tipo de sedimento	Arenoso Vaza	Arenoso Vaza
Profundidade média (m)	1,5	1,5
Área dos tanques (m ²)	15500	12500
Volume dos tanques (m ³)	23250	18750

Tabela 9: Caracterização dos tanques em estudo em relação às espécies de produção e à espécie introduzida (TIDELAND 2000).

TANQUES		T8.6	T9.1
Espécie de Produção	Espécie	D	D
	Número de Peixes	33000	56000
	Peso médio (g)	55	65
	Biomassa (kg)	1815	3640
	Densidade (kg/m ³)	0,08	0,19
	Período de povoamento	Ago/13	Dez/13
Espécie Introduzida	Espécie	LS	LS
	Número de peixes	7394	6090
	Peso médio (g)	123	121
	Biomassa (kg)	909	737
	Densidade (kg/m ²)	0,06	0,06
	Densidade (kg/m ³)	0,04	0,04
	Período de povoamento	Jun e Julh/14	Jun e Julh/14

D-Dourada; LS- Linguado do Senegal

3.2.3. Metodologia de colheita

Os linguados foram amostrados aleatoriamente com recurso a uma rede de arrasto de vara construída para o efeito, em média, 323 dias após a introdução. A boca da rede apresentava 1,95 m por 0,40 cm, com um saco de 4,50 m de comprimento e malha de 2 cm.

A rede foi colocada numa das extremidades do tanque e puxada, por cordas, a partir da extremidade oposta, arrastando o fundo e capturando essencialmente organismos bentónicos e demersais, como os linguados. Depois de capturados, os peixes foram colocados em caixas, que ficaram submersas dentro do tanque até perfazer uma quantidade amostral significativa (cerca de 30 espécimes) ou um mínimo de 15 linguados por tanque.

Os arrastos incidiram essencialmente na zona do tanque mais próxima da entrada de água e obedeceram, maioritariamente, a uma trajectória diagonal. Contudo, foram sempre feitos arrastos de modo a tentar percorrer o tanque em todo o seu comprimento (Figura 27).

Os peixes vivos foram pesados e medidos individualmente, à grama mais próxima e ao cm mais próximo, respectivamente (Figura 28). Como parâmetro de comprimento optou-

se pelo comprimento padrão (medida entre a extremidade do focinho e o limite posterior da coluna vertebral), sendo que todos os linguados capturados foram considerados peixes provenientes do lote introduzido. Após determinação dos parâmetros biométricos, os peixes foram devolvidos novamente ao tanque de origem, sendo que todos os espécimes foram sujeitos a uma análise sumária no sentido de rastrear presença de lesões ou sinais de patologias.



Figura 27: Imagens superiores: arrasto de vara - arte de pesca utilizada para a amostragem (Foto: R. Serradeiro e A. Costa); Imagem Inferior: esquema de amostragem dos tanques (E-Entrada de água; S-Saída de água) (Adaptado do Google Earth).

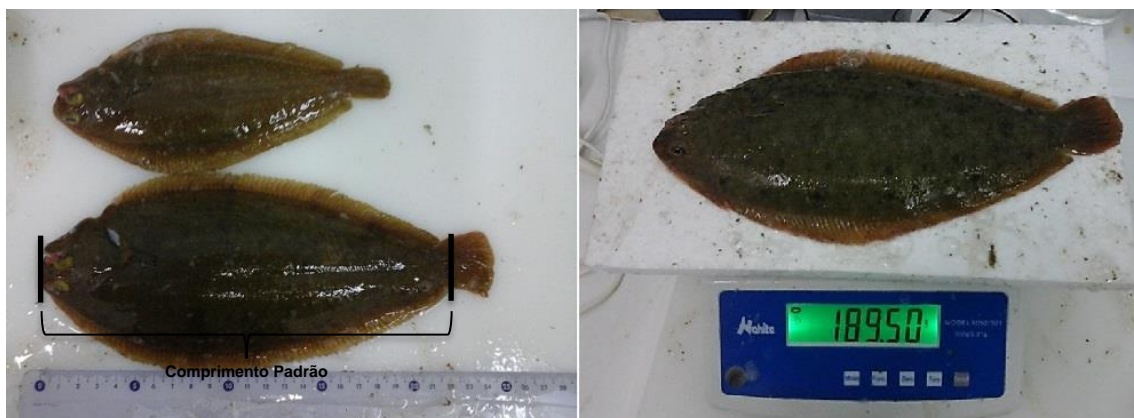


Figura 28: Imagem esquerda: medição do comprimento padrão (cm); Imagem direita: pesagem do linguado (g).

3.2.4. Parâmetros calculados

Os parâmetros a determinar foram agrupados de acordo com 3 categorias: dimensionamento, avaliação do crescimento e avaliação de produtividade.

3.2.4.1. *Dimensionamento*

A biomassa (B) em cada tanque foi calculada de acordo com a expressão:

$$B \text{ (kg)} = (PM \times N)/1000$$

Onde: PM = Peso médio do peixe (g); N = número de indivíduos.

A densidade (D) em cada tanque foi calculada de duas formas, de acordo com as seguintes expressões:

$$D \text{ (kg/m}^2\text{)} = B/A$$

$$D \text{ (kg/m}^3\text{)} = B/V$$

Onde: B = Biomassa (kg); A = Área do tanque (m²); V = Volume do tanque (m³).

3.2.4.2. *Avaliação do crescimento*

O peso ganho (ΔP) foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$\Delta P \text{ (g)} = (P_f - P_{0m})$$

Onde: P_f = Peso final (g); P_{0m} = Peso médio inicial (g).

A Taxa de Crescimento Específica (TCE) (Laranjeira 2009, Salas *et al.*, 2010) foi calculada de acordo com a expressão:

$$TCE \text{ (\%/dia)} = [(\ln P_{mf} - \ln P_{0m}) / (T_f - T_0)] \times 100$$

Onde: P_{mf} = Peso médio final (g); P_{0m} = Peso médio inicial (g); T_f = número de dias entre o dia da amostragem e T₀; T₀ = dia zero.

O Coeficiente de Variação do Peso (CVP) (Salas *et al.*, 2010) foi usado para avaliar a variação de peso dentro dos grupos experimentais e calculado utilizando a fórmula:

$$\text{CVP (\%)} = (S_p/X_p) \times 100$$

Onde: S_p = Desvio padrão da distribuição do peso; X_p = Média do peso.

O factor de condição (K) (Pinto *et al.*, 2007) foi calculado de acordo com expressão:

$$K = P \times C^{-3} \times 100$$

Onde: P = Peso final (g); C = Comprimento padrão (cm).

3.2.4.3. *Avaliação da Produtividade*

A produtividade (P) (Schram *et al.*, 2006) foi calculada segundo a expressão:

$$P \text{ (g/m}^2\text{/dia)} = (P_f - P_0)/(A \times T)$$

Onde: P_f = Biomassa no dia da amostragem (g); P_0 = Biomassa no dia 0 (g); A = área da superfície do tanque (m^2); T = número de dias

Nota: No cálculo da produtividade assumiu-se mortalidade nula.

3.2.5. **Análise estatística**

A análise estatística foi realizada usando os programas informáticos BIOESTAT 5.3 e SIGMAPLOT 12.5. Todos os dados analisados estatisticamente, foram testados quanto à normalidade e a homogeneidade da variância.

Quando os dados não infringiam os testes de normalidade e homogeneidade (dados paramétricos), foi utilizada a análise da variância de um critério (ANOVA ONE-WAY) para comparar mais de 2 grupos e o teste t-student para comparar apenas 2 grupos. Caso contrário, quando os dados infringiam os pressupostos de normalidade e homogeneidade (dados não paramétricos), foi utilizado o teste Kruskal-Wallis (mais de 2 grupos) ou o teste de Mann-Whitney (apenas 2 grupos).

Diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$) levaram à realização de testes à posteriori, nomeadamente o teste de Tukey no caso dos dados paramétricos e o de Student-Newman-Keuls no caso dos dados não paramétricos.

4. Resultados

4.1. Visão global das pisciculturas em estudo

Neste ponto estão ilustrados em paralelo os dados referentes a todas as pisciculturas do estudo, por forma a permitir uma perspectiva global dos resultados. Estes dados não foram alvo de análise estatística, por limitações impostas pelo número excessivo de variáveis em jogo, aspecto que é ultrapassado na abordagem dos pontos 4.2 e 4.3.

O peso ganho variou ao longo das diferentes pisciculturas em estudo, onde o menor valor ocorreu no tanque 9.1 da TIDELAND 2000 (-36 g) e o melhor valor no tanque 7 da NASHARYBA (228 g) (Figura 29). Globalmente e em média, os valores de peso ganho na RIÁQUA, NASHARYBA, AQUALVOR e TIDELAND 2000 foram de 56 g, 103 g, 128 g e -1 g, respectivamente.

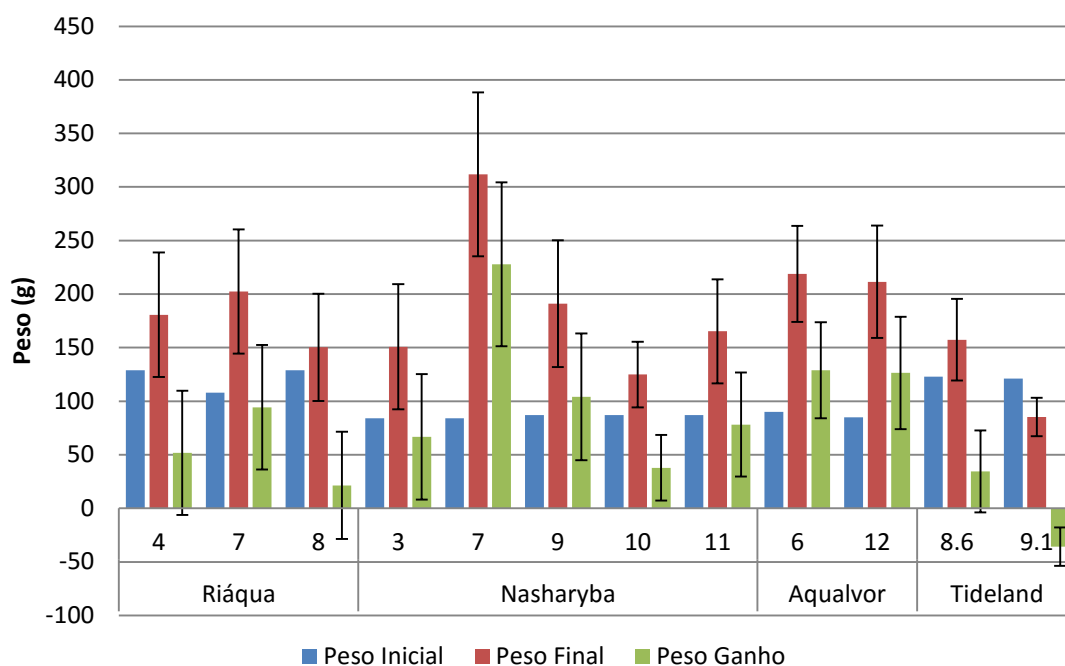


Figura 29: Valores médios de peso inicial, peso final (\pm desvio padrão) e peso ganho (\pm desvio padrão) em cada tanque das 4 pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.

Em relação à taxa de crescimento específica, verificaram-se valores que variaram entre -0,098 e 0,45 %/dia, sendo que os piores resultados ($TCE < 0,1$ %/dia) foram

registados nos tanques 4 e 8 da RIÁQUA e nos tanques 8.6 e 9.1 da TIDELAND 2000. As pisciculturas NASHARYBA e AQUALVOR, assim como o tanque 7 da RIÁQUA, destacaram-se com valores de TCE > 0,1 %/dia (Figura 30).

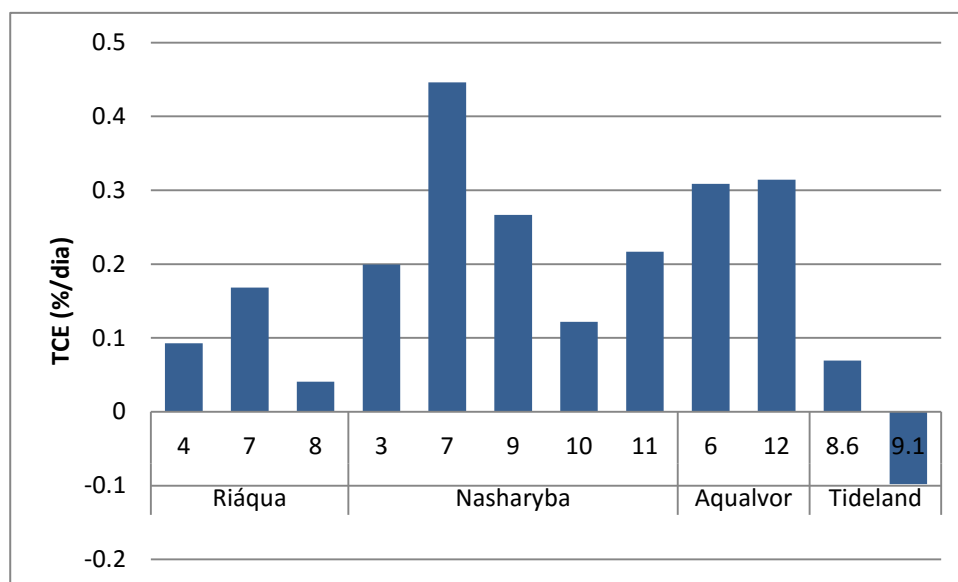


Figura 30: Valores da taxa de crescimento específica (%/dia) nos vários tanques amostrados nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.

Os valores do factor de condição mais elevados surgiram nos tanques 7 e 9 da NASHARYBA e no tanque 6 da AQUALVOR (1,72, 1,62 e 1,67, respectivamente), contrariamente, ao tanque 9.1 da TIDELAND 2000 que apresentou o valor mais baixo (1,04). Apesar destas diferenças, nos restantes tanques das pisciculturas em estudo verificou-se uma considerável homogeneidade deste parâmetro (Figura 31).

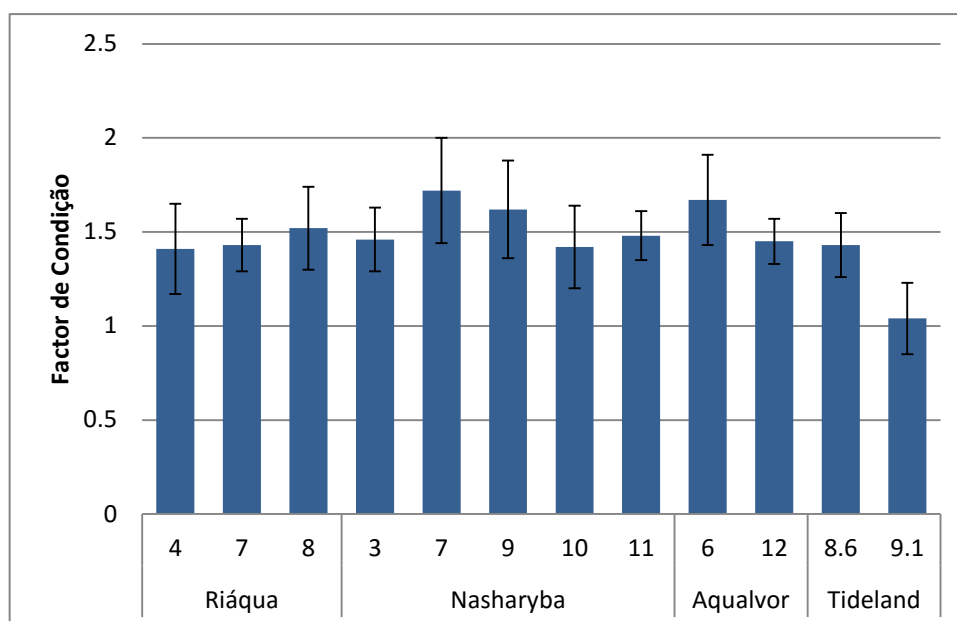


Figura 31: Valores do factor de condição (K) nos vários tanques amostrados (\pm desvio padrão) nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.

No que concerne aos valores de produtividade (Figura 32), os tanques 8.6 e 9.1 da TIDELAND 2000 e os tanques 8 da RIÁQUA e 3 da NASHARYBA apresentaram os valores mais baixos de produtividade ($< 0,05 \text{ g/m}^2/\text{dia}$). As maiores produtividades destacaram-se nos tanques 11 da NASHARYBA e 6 da AQUALVOR ($P > 0,2 \text{ g/m}^2/\text{dia}$).

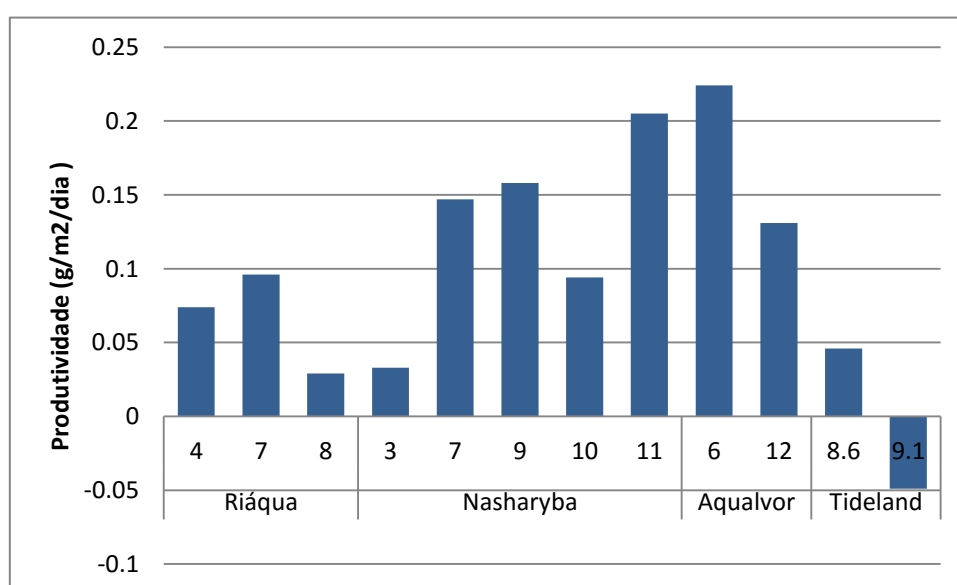


Figura 32: Valores de produtividade ($\text{g/m}^2/\text{dia}$) nos vários tanques amostrados nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.

O coeficiente da variação do peso dentro das pisciculturas demonstrou valores médios de, aproximadamente, 23% (AQUALVOR e TIDELAND 2000), 30% (NASHARYBA) e 31% (RIÁQUA). A figura 33 representa o coeficiente de variação nos tanques amostrados em cada piscicultura, sendo o valor mais elevado (aproximadamente 40%) relativo ao tanque 3 da NASHARYBA.

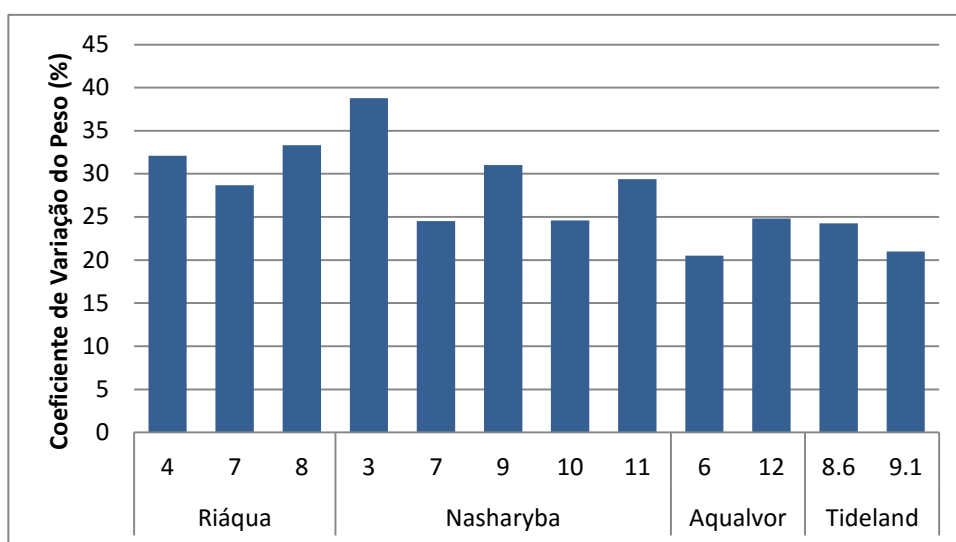


Figura 33: Avaliação da variação de peso (%) dentro dos vários tanques amostrados nas diferentes pisciculturas em estudo. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.

4.2. Análise intra-piscicultura

Atendendo à estrutura dos dados, a comparação entre tanques da mesma piscicultura foi possível fazer para os parâmetros factor de condição e peso ganho.

4.2.1. RIÁQUA – Aveiro

No que concerne ao factor de condição, não foram encontradas diferenças significativas ($p = 0,33$), enquanto que, em relação ao peso ganho verificaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$), nomeadamente para o tanque 7 que registou valores significativamente superiores ao tanque 8 (Figura 34).

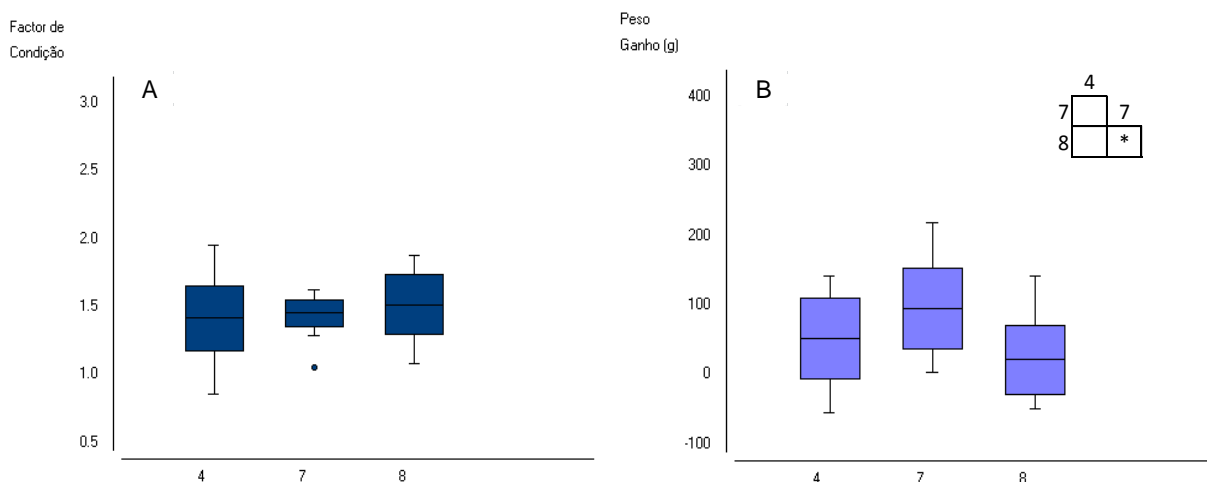


Figura 34: A - Factor de condição; B – Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas no respectivo gráfico (*). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (4, 7 e 8) da piscicultura RIÁQUA. Os pontos a cor (•) representam valores atípicos (“outliers”).

4.2.2. NASHARYBA – Figueira da Foz

Na piscicultura NASHARYBA foram encontradas diferenças significativas entre os vários tanques para o factor de condição e para o peso ganho, como a figura 35 demonstra.

No factor de condição (Figura 35A), o tanque 7 foi significativamente superior aos tanques 3, 10 e 11, e o tanque 9 foi significativamente superior ao tanque 10.

Relativamente ao peso ganho (Figura 35B), o tanque 7 foi significativamente maior que todos os tanques analisados nesta piscicultura (tanques 3, 9, 10 e 11). Encontraram-se ainda diferenças no tanque 9, sendo significativamente maior que os tanques 3 e 10 e por fim, o tanque 10 foi significativamente inferior ao tanque 11.

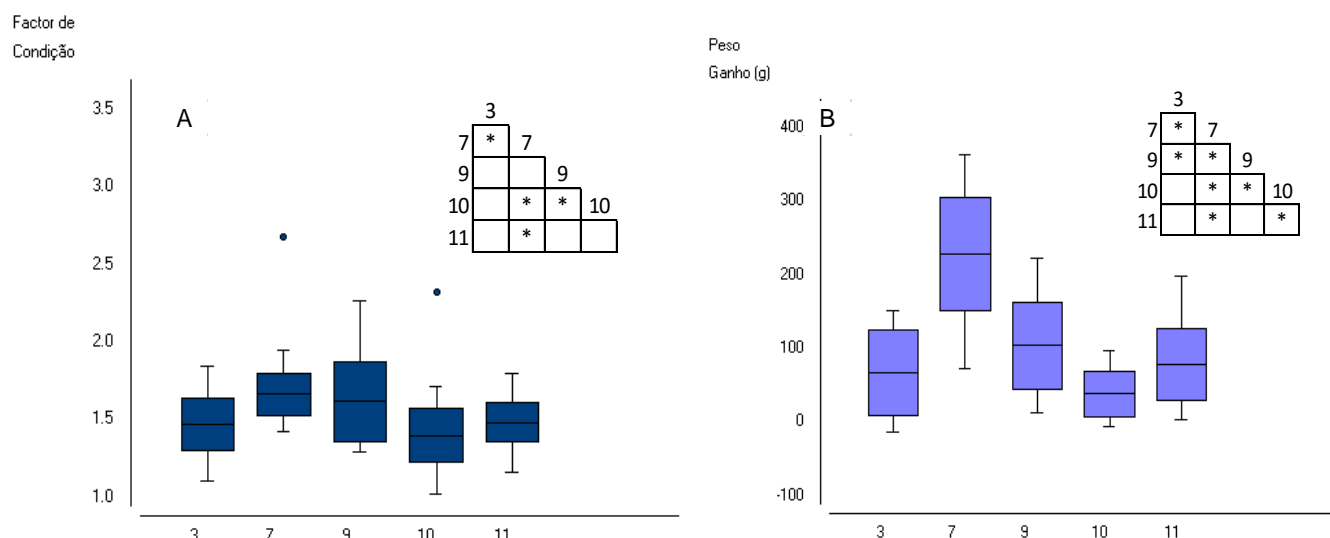


Figura 35: A - Factor de condição; B – Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas no respectivo gráfico (*). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (3, 7, 9, 10 e 11) da piscicultura NASHARYBA. Os pontos a cor (*) representam valores atípicos (“outliers”).

4.2.3. AQUALVOR - Lagos

Na piscicultura em questão, apenas se verificaram diferenças significativas no factor de condição ($p < 0,05$), sendo que o tanque 6 se destacou em relação ao tanque 12 (Figura 36A).

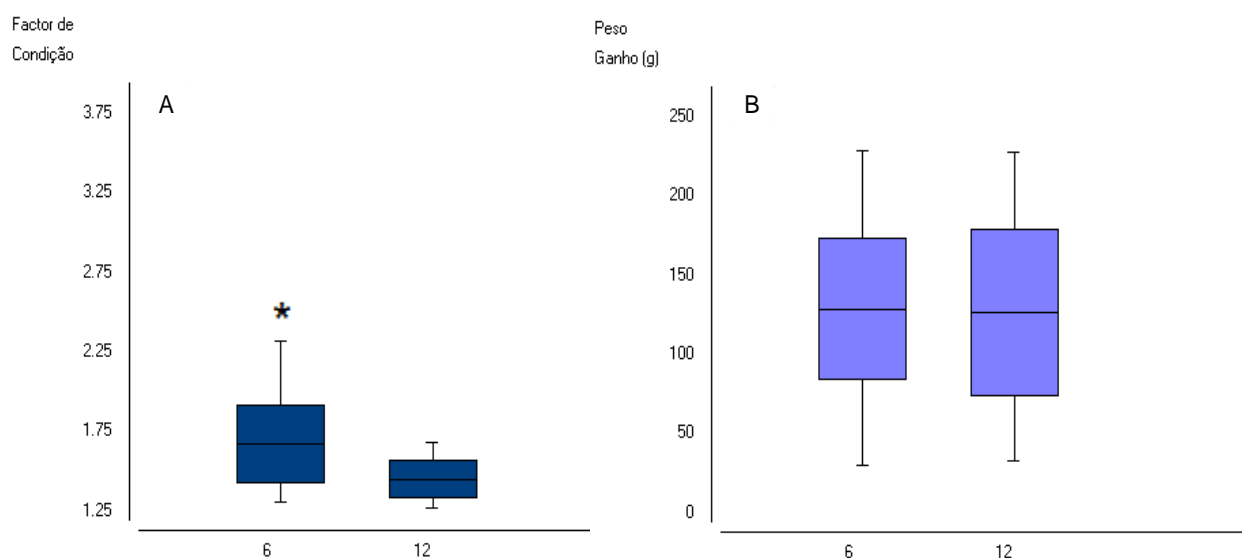


Figura 36: A - Factor de condição; B – Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas (*). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (6 e 12) da piscicultura AQUALVOR.

4.2.4. TIDELAND 2000 – Aiamonte

Relativamente à piscicultura TIDELAND 2000, verificaram-se diferenças significadas entre os tanques, tanto no factor de condição como no peso ganho (Figura 37).

O tanque 8.6 foi significativamente superior ao tanque 9.1 tanto no factor de condição (Figura 37A) como no peso ganho (Figura 37B).

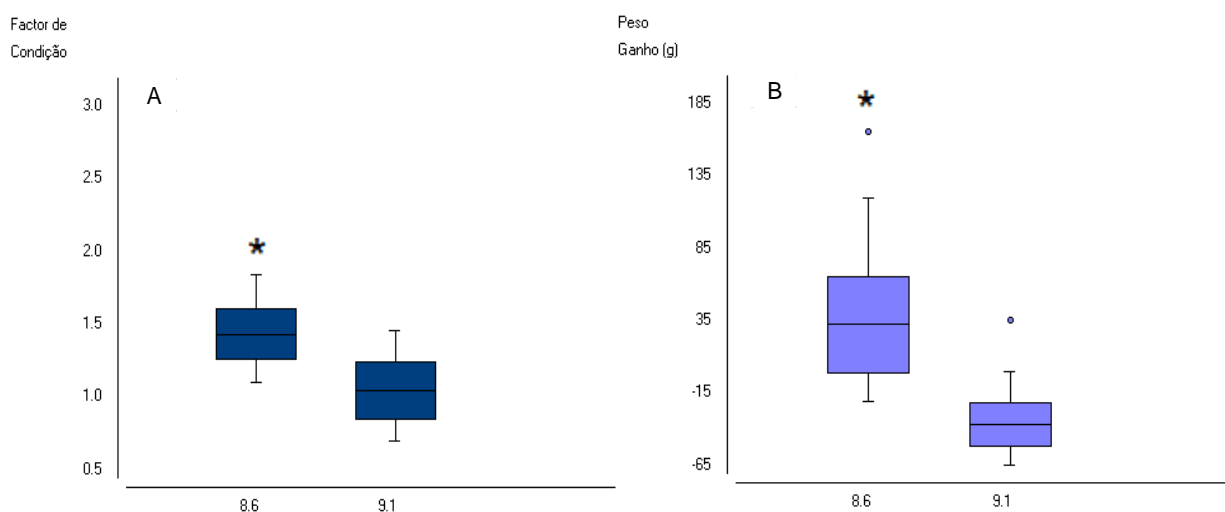


Figura 37: Factor de condição; B- Delta Peso (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas (*). Os números no eixo horizontal representam os tanques em estudo (8.6 e 9.1) da piscicultura TIDELAND 2000. Os pontos a cor (•) representam valores atípicos (“outliers”).

4.3. Análise inter-piscicultura

Na análise entre pisciculturas apenas foram comparados os tanques que tinham em comum a época de introdução e que apresentavam diferença de densidades iniciais (da espécie introduzida) inferiores a 25%.

4.3.1. TIDELAND 2000 vs. RIÁQUA

Foram comparados os tanques 8.6 e 9.1 da piscicultura TIDELAND 2000 com os tanques 4 e 8 da piscicultura RIÁQUA. Os resultados demonstraram que apenas o tanque 9.1 apresentou diferenças significativas com todos os tanques analisados (8.6, 4 e 8) tanto no factor de condição (Figura 38A) como no peso ganho (Figura 38B), sendo o tanque com os valores mais baixos em ambos os parâmetros.

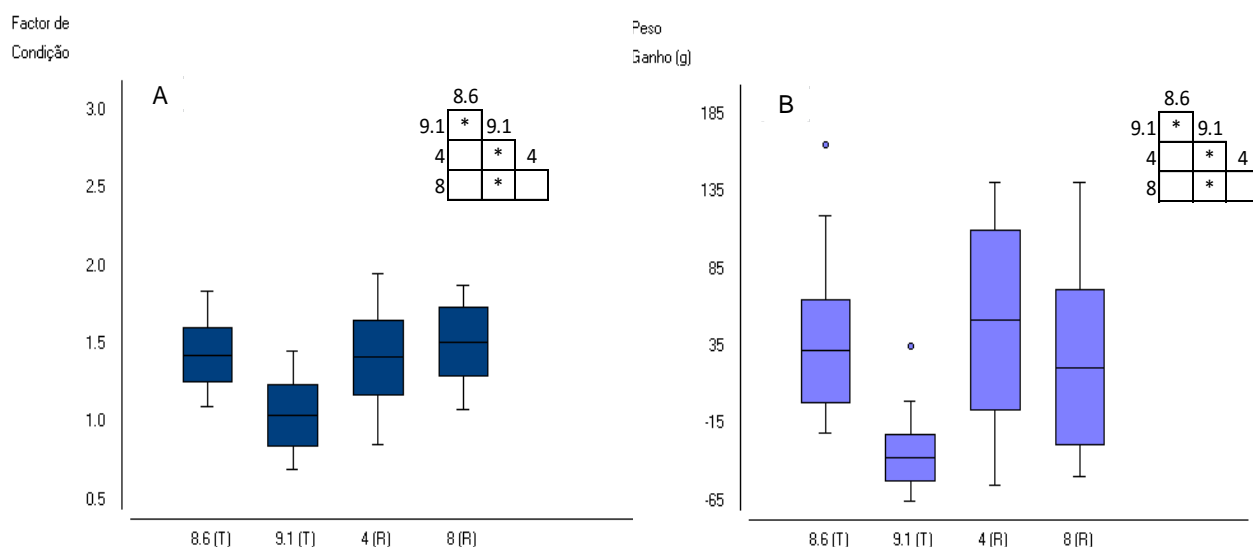


Figura 38: A - Factor de condição; B - Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. As comparações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) estão indicadas no respectivo gráfico. Os números no eixo horizontal representam os tanques 8.6 e 9.1 da piscicultura TIDELAND 2000 (T) e os tanques 4 e 8 da piscicultura RIÁQUA (R). Os pontos a cor (*) representam valores atípicos ("outliers").

4.3.2. NASHARYBA vs. AQUALVOR

Os tanques comparáveis entre estas duas pisciculturas foram apenas o 9 da NASHARYBA e o 6 da AQUALVOR, sendo que não apresentaram diferenças significativas entre eles (Figura 39).

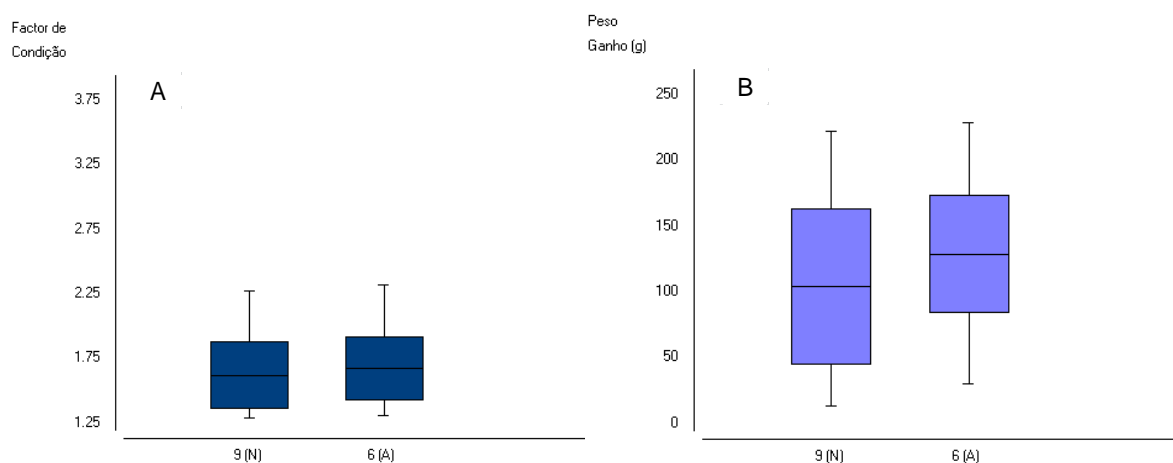


Figura 39: A - Factor de condição; B - Peso ganho (g). Caixa: desvio padrão; Suíças: máximo e mínimo. Os números eixo horizontal representam o tanque 9 da piscicultura NASHARYBA e o tanque 6 da piscicultura AQUALVOR. Os números no eixo horizontal representam o tanque 9 da NASHARYBA (N) e o tanque 6 da piscicultura AQUALVOR (A).

5. Discussão

5.1. Análise crítica das condições do ensaio

O intervalo de densidades adoptado para a introdução de linguado teve como ponto de partida o estudo de Branco (2003), que utilizou densidades de 0,4 e 0,5 peixes/m². No presente estudo, foi assumido um intervalo de densidades equivalente, embora expressa em biomassa por área e/ou volume do tanque. Um aspecto que importa realçar neste contexto é que se pretendeu que a densidade de linguado fosse sempre substancialmente menor que a da espécie de cultivo, assegurando, ao mesmo tempo, uma variação de valores entre pisciculturas aceitável.

O ensaio realizado apresentou uma duração máxima de 1 ano, o que representou uma limitação imposta pelo tempo disponível para a realização da dissertação de mestrado, e por isso incontornável. O ideal para os objectivos do trabalho seria avaliar um intervalo temporal que permitisse o esvaziamento dos tanques e a pesca total, obtendo-se assim resultados que abrigassem um ciclo de produção completo e, consequentemente, mais informação sobre a adaptabilidade, sobrevivência e crescimento do linguado nas diferentes condições a que foram sujeitos.

A dependência da gestão por parte dos piscicultores, também foi uma limitação do estudo, já que tornou impossível determinar algumas condições de cultivo, nomeadamente regimes alimentares e qualidade da água, e restringiu a obtenção de informação relevante com o detalhe pretendido.

Outro aspecto a apontar, refere-se à dificuldade em comparar os resultados obtidos com outros de ensaios já realizados, já que existe uma enorme disparidade entre eles, no que diz respeito, por exemplo, às condições de cultivo subjacentes. Por ventura, o facto de ser uma experiência de campo levanta uma série de outras limitações inerentes a este género de ensaios e que, consequentemente, podem enfraquecer o significado das diferenças encontradas.

A captura dos espécimes (amostragem) revelou-se também um processo difícil, resultando, por vezes, em tamanhos amostrais pequenos e heterogéneos. A impossibilidade de seguir alguns povoamentos desde o início traduziu-se na falta de dados iniciais (ex. factor de condição e coeficiente de variação do peso dos linguados no dia da sua introdução).

Uma outra questão relevante atendendo ao contexto experimental respeita à possibilidade dos linguados amostrados poderem ser selvagens e não introduzidos. Embora esta hipótese não possa ser totalmente excluída, a probabilidade de ocorrência é baixa, já

que, por um lado, a maioria dos piscicultores procedeu ao esvaziamento dos tanques e secagem antes de os povoar e, por outro lado, os linguados capturados apresentaram uma uniformidade de tamanhos e características típicas de espécimes criados em regime intensivo (ex. pequenas cicatrizes na barbatana caudal causadas pela flexibacteriose e pequenas malformações na coluna vertebral).

Apesar destas adversidades, as limitações descritas não se sobrepõem à vantagem de realizar um ensaio em condições reais de produção semi-intensiva, já que facilmente poderá ser replicado em qualquer empresa piscícola interessada na produção de *Solea senegalensis* em regime semi-intensivo e em policultura com *Sparus aurata* e/ou *Dicentrarchus labrax*, podendo prever resultados de crescimento e planear um possível negócio sustentável.

5.2. Visão global da informação obtida

Importa começar por registar que foram apenas visíveis mortalidades na espécie de cultivo no tanque 8 da piscicultura RIÁQUA. Relativamente às outras pisciculturas em nenhum momento ao longo do ensaio foram visíveis mortalidades na espécie introduzida ou na(s) espécie(s) de cultivo. Considerando que os peixes amostrados nunca revelaram sinais de lesões ou de patologias, os resultados globais apontam para uma possível resistência às doenças descritas anteriormente, indiciando boas condições sanitárias da população de linguados e uma adequação às condições de cultivo. A única exceção a esta realidade foi o tanque 9.1 da piscicultura TIDELAND 2000 que, para além de apresentar linguados subnutridos, foi o único tanque que apresentou resultados negativos no crescimento. Todos os restantes tanques apresentaram crescimentos positivos, permitindo destacar as pisciculturas NASHARYBA e AQUALVOR, por comparação com a TIDELAND 2000 e a RIÁQUA, em todos os parâmetros calculados, à exceção do coeficiente de variação do peso (CVP) (Tabela 10).

Globalmente, apesar da tendência mencionada anteriormente, os resultados parecem apontar para um crescimento heterogéneo entre as pisciculturas.

Tabela 10: Média dos parâmetros calculados para cada piscicultura.

	RIÁQUA	NASHARYBA	AQUALVOR	TIDELAND 2000
ΔP	56	103	128	-1
TCE	0,10	0,25	0,31	-0,01
K	1,45	1,54	1,56	1,24
P	0,066	0,127	0,178	-0,002
CVP	31,4	29,7	22,7	22,6

ΔP – peso ganho (g); TCE – taxa de crescimento específica (%/dia); K- factor de condição; P – produtividade (g/m²/dia); CVP- coeficiente de variação do peso (%).

Analisando os resultados globais à luz da escassa bibliografia existente neste contexto, é possível destacar alguns padrões de crescimento, apesar das comparações deverem ser assumidas com precaução, já que os estudos mencionados, não obstante seguirem o mesmo conceito (i.e. povoamento linguado do Senegal em regime semi-intensivo e em policultura com dourada e/ou robalo), apresentam inúmeras variáveis que diferem do presente ensaio. Segundo Ferreira *et al.*, (2010), que introduziram juvenis de *Solea senegalensis* em policultura com juvenis de *Sparus aurata* e testaram 3 condições de crescimento, 2 a diferentes densidades de *S. aurata* (baixa densidade - 1,5 kg/m³ e alta densidade - 3,0 kg/m³) e outra utilizando uma ração com formulação diferente da ração comercial, obtiveram valores de peso ganho para *S. senegalensis* que variaram entre 75 g e 391 g, ao fim de 1 ano de produção. Comparando com os resultados médios de peso ganho expressos na tabela 10, é possível enquadrar duas pisciculturas neste intervalo, nomeadamente a NASHARYBA e a AQUALVOR. Apesar de o estudo de Ferreira *et al.*, (2010) utilizar densidades da espécie de produção acima das utilizadas neste ensaio, à excepção do tanque 12 da piscicultura AQUALVOR, é de realçar que os melhores resultados desse estudo estão aliados a menores densidades da espécie de produção e da espécie introduzida e à existência de uma equilibrada fauna bentónica. Sendo assim, as diferentes densidades utilizadas no presente estudo da espécie de cultivo, apesar de não revelarem relações claras com o crescimento dos linguados, mostraram enquadrar-se num intervalo propício à obtenção de bons resultados. Por outro lado, pois é de realçar ainda que baixas densidades da espécie introduzida permitem maior disponibilidade de alimento por unidade de área, logo aumentando a probabilidade de obtenção de bons resultados de crescimento, tal como evidenciam os resultados das pisciculturas NASHARYBA (tanque 7) e AQUALVOR.

Por seu lado, Branco (2003) que introduziu juvenis de *S. senegalensis* em 3 tanques com diferentes condições, sendo 1 tanque em policultura com *D. labrax* e 2 tanques em monocultura (num deles alimentou os linguados com ração comercial), apresentou

resultados médios de peso ganho de 49 g (\pm 300 dias, monocultura de linguado) e de 160 g (\pm 526 dias, policultura com robalo). Este ensaio (Branco 2003) sugere então que a produção de linguado em tanques de terra e sistema semi-intensivo é favorecida pela policultura relativamente à monocultura, já que, provavelmente, a junção de espécies promove a proliferação de macroorganismos bentônicos que farão parte do regime alimentar do linguado, enquanto que a possibilidade de monocultura desta espécie, alimentada com ração ou não, surge como uma estratégia pouco interessante e com piores resultados de crescimento.

Segundo a bibliografia (Valente *et al.*, 2011), o crescimento de *S. senegalensis* em regime intensivo corresponde a um peso ganho de 174 g (\pm 240 dias), valor espetavelmente superior aos registados, em média, no presente estudo. Apesar do presente ensaio se ter desenvolvido em condições não comparáveis ao regime intensivo, é necessário realçar que o tanque 7 da NASHARYBA mostrou valores semelhantes ao descrito no ensaio de Valente *et al.* (2011), induzindo a ideia de que alguns resultados obtidos neste ensaio superam as expectativas.

Relativamente à taxa de crescimento específica (TCE) média, é possível destacar dois valores que, mais uma vez, pertencem às pisciculturas NASHARYBA e AQUALVOR. Contudo, comparando com valores da bibliografia, o panorama global aponta para resultados aquém do esperado. Branco (2003) obteve valores que variaram entre 0,49 e 0,79 %/dia, enquanto que dados de regime intensivo, Rodríguez & Quintáns (2011), apontam para uma TCE que ronda 1,58 %/dia. Outros resultados de regime intensivo, com linguados produzidos na mesma unidade de reprodução dos utilizados no presente estudo, revelaram valores de TCE de 0,95 %/dia (Cabral 2014).

Ao analisar individualmente os tanques em estudo, podemos destacar novamente o tanque 7 da piscicultura NASHARYBA com valores de, aproximadamente, 0,45 %/dia relativamente à TCE, resultado que se aproxima do trabalho de Branco (2003) (0,49 %/dia) para o tanque que apresenta condições semelhantes ao presente estudo, demonstrando assim um possível valor de referência para este parâmetro em condições de semi-intensivo e policultura com dourada e/ou robalo. Todos os outros valores de TCE apresentados envolvem contextos diferentes dos mencionados no presente estudo; implicando por exemplo a utilização de ração comercial para alimentar os linguados ou períodos amostrais mais pequenos que influenciam profundamente este parâmetro, permitindo resultados superiores aos presentemente obtidos.

O factor de condição, globalmente, apresentou valores acima dos encontrados na bibliografia, promovendo uma evidência clara de bem-estar animal. Os resultados obtidos no

estudo de Branco (2003) apontam factores de condição, em média, entre 0,79 e 0,87, sendo que, mesmo em condições de intensivo, o trabalho de Rodríguez & Quintáns (2011) revelou valores próximos de 1,30. Os valores obtidos no presente estudo, em comparação com os reportados na bibliografia, indicam linguados com uma boa condição, à excepção do tanque 9.1 da TIDELAND 2000, que, para além de apresentar o valor mais baixo de K, foi visivelmente o tanque com os peixes mais debilitados, traduzindo-se num peso ganho negativo.

Sumariamente, a utilização de densidades baixas na espécie introduzida e na espécie de produção, as condições próximas do natural e uma dieta mais completa podem estar na origem dos resultados obtidos no factor de condição, sendo que este indício de boa adaptabilidade dos linguados às condições impostas apoia a produção desta espécie em regime semi-intensivo. No caso do tanque 9.1 da piscicultura TIDELAND 2000, tudo indica que os espécimes introduzidos estiveram sujeitos a condições desfavoráveis extremas que, possivelmente, se relacionaram com o facto de se tratar de uma unidade em fase de instalação, contribuindo para uma má gestão da piscicultura e falhas na metodologia de produção, como a impossibilidade de renovar a água dos tanques quando necessário.

O coeficiente de variação do peso (CVP) médio apresentou os valores mais elevados nas pisciculturas RIÁQUA e NASHARYBA, permitindo inferir uma maior heterogeneidade no peso dos peixes amostrados em comparação com as outras pisciculturas, em que o valor, por ser menor, indicou uma maior homogeneidade em relação ao peso. Comparativamente, o CVP médio obtido foi próximo dos valores encontrados por Branco (2003), nomeadamente 16 e 30%. Apesar de não ter sido possível calcular este parâmetro nos linguados antes da sua introdução (que poderia fornecer a evolução da heterogeneidade, típica em espécimes provenientes de uma coorte selvagem, ao longo do período amostral), é importante realçar que no estudo de Branco (2003), no tanque que mais se assemelha às condições do presente estudo, foi perceptível uma diminuição da heterogeneidade desde o início do ensaio até ao final. Desta forma, é possível prever a mesma tendência neste caso, sendo que o facto de não apresentar valores mais elevados sugere que não existe grande discrepância, entre os pesos, nos indivíduos amostrados e, consequentemente, corrobora a ideia da não captura de espécimes selvagens que, naturalmente, teriam a tendência a elevar os valores de CVP.

A produtividade foi calculada assumindo uma mortalidade nula, já que o período amostral não permitiu englobar um ciclo de produção completo e, consequentemente, não foi possível determinar a população total, o que só seria possível esvaziando os tanques em estudo. Sendo assim, a produtividade poderá ter sido sobrestimada, já que foi reportado que

a mortalidade em condições de semi-intensivo pode variar entre 40-50% (Branco 2003) ou até apresentar valores extremos de 92% (Dinis *et al.*, 1999), enquanto em regime extensivo se podem verificar valores zero (Ramos *et al.*, 1989), dependendo de inúmeros factores, como características ambientais de povoamento, entre outras. Assim, é de notar que a mortalidade assumida neste projecto foi conjecturada em consequência de valores encontrados na bibliografia de mortalidade nula, o que foi reforçado pelo facto de os piscicultores, ao longo do período amostral, não reportarem a observação de espécimes mortos.

Os dados de produtividade encontrados na bibliografia para a mesma espécie, ou para espécies como a *Scophthalmus maximus* (pregado), apenas se referem a condições de intensivo e diferem em muito dos resultados obtidos neste estudo. Por essa razão, os presentes dados poderão servir de referência a trabalhos futuros em condições de semi-intensivo.

Com o intuito de tentar estimar a produtividade financeira de cada tanque em estudo, com base nos dados adquiridos ao longo do estudo e através da informação conseguida a partir dos piscicultores, foi possível elaborar um estudo económico sumário. Desta forma, considerou-se mortalidade nula e valores de mercado de 7 €/kg, 5 €/kg e 12€/kg para o robalo, dourada e linguado, respectivamente (Ortega 2008, Ortega 2013, Villanueva & Alonso 2014). O cálculo resultante para cada tanque, no dia da amostragem, é apresentado na figura seguinte (Figura 40).

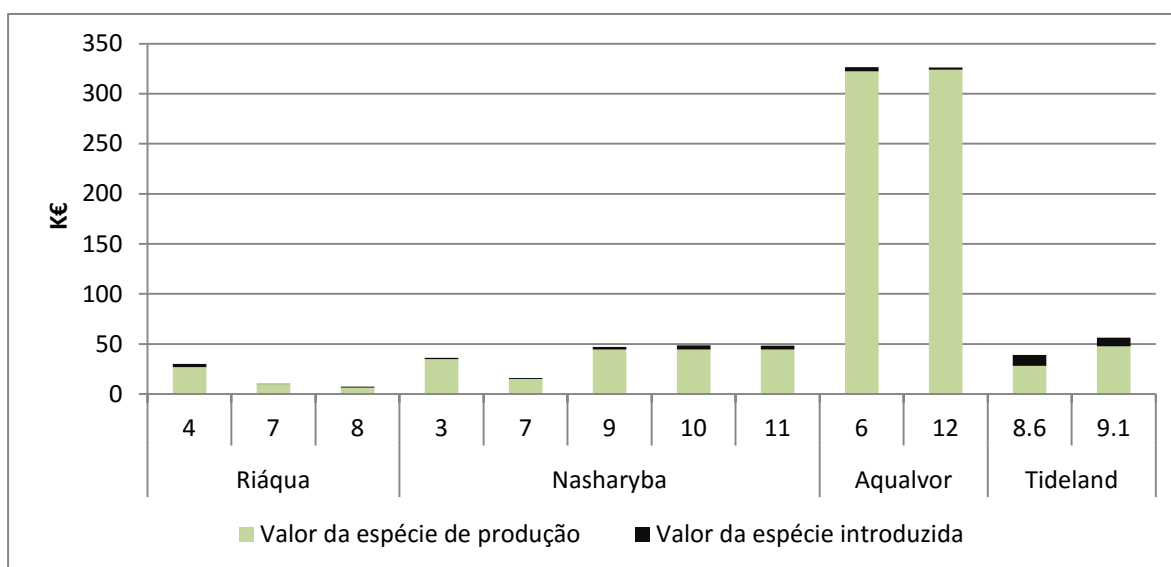


Figura 40: Valor estimado, em euros, das espécies de produção e introduzida (*S. senegalensis*) no dia da amostragem, em cada tanque em estudo. O cálculo da biomassa da espécie de produção, no dia da amostragem, baseou-se em números fornecidos pelos piscicultores. Os números no eixo horizontal representam a referência dos tanques a analisar em cada piscicultura.

Os resultados, descritos anteriormente, demonstram que a introdução de linguados em pisciculturas de regime semi-intensivo e em policultura com dourada e robalo poderá ser economicamente benéfica. Há que considerar que os custos envolvidos neste modelo de produção de linguado apenas envolvem a aquisição de alevins, já que é esperado que estes cresçam alimentando-se da comunidade macrobentónica existente no tanque e não de alimento comercial. Por este facto, as propriedades organolépticas destes linguados poderão ser superiores às de linguados produzidos em regime intensivo, o que aumenta a probabilidade do preço de mercado ser superior ao estipulado em cima e, consequentemente, aumentar a rentabilidade das pisciculturas em relação ao estimado.

Para melhor ilustrar a relevância económica potencialmente associada ao modelo de exploração aquícola testado, foi colocado em equação o ganho adicional virtual no quadro das despesas típicas de uma piscicultura. Utilizando as informações fornecidas pela piscicultura NASHARYBA e analisando este exemplo em concreto, é possível prever que a receita proveniente dos linguados de todos os tanques em estudo na piscicultura em questão (tanques 3, 7, 9, 10 e 11), no dia da amostragem, consegue sobrepor-se aos gastos que esta impressa tem, no período de 1 ano, com a electricidade e a água, como descrito na tabela 11. Este indicador oferece uma perspectiva económica que favorece a aposta na produção de linguados nestes regimes, já que os ganhos tendem a aumentar com a venda de espécimes no fim do ciclo de produção. É de realçar que todos os cálculos efectuados podem ser revistos em baixa, dependendo de a mortalidade ser diferente de zero, mas pode também ser revista em alta se o valor de mercado dos linguados for superior ao considerado, o que não é despiendo se considerarmos a potencial melhoria das características organolépticas e subsequente valorização no mercado.

Tabela 11: Dados de despesas totais, no período de um ano, em ração, alevins, electricidade e água e de receitas potenciais apenas dos tanques em estudo, da piscicultura NASHARYBA (Fonte: Administração da empresa).

Despesas	Ração	Alevins	Electricidade	Água
Jul/13 - Jun/14	105 661 €	131 575 €	12 434 €	512 €
Receita	<i>Solea senegalensis</i>		Espécie de cultivo	
Período amostral	13 200 €		183 500 €	

No presente estudo, embora não tenha sido avaliado objectivamente o impacto negativo na espécie de cultivo, é de esperar que este seja nulo, já que, perante a

informação obtida pelos piscicultores, nunca foi reportado qualquer tipo de interferência no crescimento da espécie de produção ou qualquer comportamento atípico da mesma.

Ao analisar a duração dos ciclos de produção (de dourada e robalo) das pisciculturas, verificamos que a TIDELAND 2000 apresenta o ciclo mais curto (14 a 16 meses) e a NASHARYBA o ciclo mais longo (24 a 30 meses). Este facto está muito provavelmente associado às suas latitudes, onde a TIDELAND 2000 (sul de Espanha) terá tendencialmente mais meses com temperaturas de água adequadas à produção, por comparação com a NASHARYBA (região centro de Portugal continental). Desta forma, focando na duração dos ciclos e na latitude é previsível que a TIDELAND 2000 consiga produzir peixes, com tamanho comercial, de forma mais eficaz e num menor período de tempo. Contudo, ao analisarmos os dados obtidos para linguado em ambas as pisciculturas, esta realidade é refutada. De facto, seria expectável, que a piscicultura mais a sul e com períodos de produção mais curtos apresentasse os melhores resultados de crescimento para o linguado, porém o facto de, no caso da TIDELAND 2000, apresentar condições e metodologias de produção aquém do recomendado, em contraste com a NASHARYBA, produziu resultados negativos e imprevistos.

Outro aspecto a referir, é a estratégia de alimentação de cada piscicultura. As diferentes metodologias alimentares poderão influenciar o crescimento dos linguados, já que maior quantidade de alimento fornecido à espécie de cultivo permite um incremento de matéria orgânica, favorecendo a macrofauna bentónica e, consequentemente, disponibilizando maior quantidade de alimento aos linguados. Por outro lado, não se pode excluir por completo que a ração desperdiçada possa ser aproveitada por estes. À luz desta perspectiva, é possível assinalar a piscicultura AQUALVOR, a única que se destaca por apresentar alimentadores automáticos suplementados com administração de alimento manual. Esta metodologia alimentar possivelmente leva à existência de maior quantidade de ração desperdiçada e ao aumento de matéria orgânica, dois factores que poderão estar ligados com os bons resultados de crescimento dos linguados nesta piscicultura. A piscicultura RIÁQUA, em contraste com a anterior, apresenta uma metodologia alimentar manual, reduzindo a probabilidade de fornecer alimento em demasia. Curiosamente, a TIDELAND 2000, e em comparação com as restantes pisciculturas, é a que apresenta resultados menos favoráveis, sendo que uma das possíveis razões poderá estar ligada com a metodologia alimentar utilizada.

Analisando, globalmente, as épocas de introdução de linguado, verificamos que existem duas épocas distintas, nomeadamente uma em Novembro no caso das pisciculturas NASHARYBA e AQUALVOR e outra em Junho/Julho no caso da RIÁQUA e da TIDELAND

2000. Associado à época de introdução podemos também encontrar uma diferença na gama de pesos médios iniciais, nomeadamente 80 a 90 g, no caso de introduções em Novembro, e entre 100 a 129 g, no caso de introduções em Junho/Julho. Desta forma, não é possível dissociar o factor época de introdução do factor peso médio inicial e, consequentemente, torna-se difícil perceber qual dos factores foi preponderante na obtenção dos melhores resultados, que no presente estudo apontaram para introduções em Novembro com pesos médios iniciais de 80 a 90 g (pisciculturas NASHARYBA e AQUALVOR).

O povoamento de linguados com um peso superior, no início do Verão, possivelmente prejudicou a adaptação desta espécie às novas condições. É de esperar que linguados com um peso maior permaneçam mais tempo em regime intensivo, antes do povoamento, sendo o período de habituação à ração comercial maior e, como consequência, mais problemático será o desmame e a adaptação ao alimento vivo. Na mesma linha, linguados com peso inferior teriam uma adaptação mais curta à ração comercial e às condições de regime intensivo. Desta forma, a aceitação de alimento vivo seria mais rápida e levaria, em última análise, a crescimentos mais promissores.

Anteriormente, foi discutida a dificuldade em dissociar o factor época de introdução do factor peso médio inicial. Na mesma linha de pensamento, não é possível dissociar o factor temperatura no momento de introdução (dependente da época) do factor peso médio inicial. Sendo assim, neste contexto, é difícil perceber qual será o efeito isolado, no crescimento, de introduções sob temperaturas mais baixas (15 a 17°C; Novembro) que as de origem (19 a 22°C em condições de intensivo), em contraste com a introdução sob temperaturas (18 a 23°C; Junho/Julho) semelhantes às de origem.

Finalmente, é importante esclarecer que todos os resultados apresentados se basearam num lote de linguados caudas, os quais naturalmente apresentam um menor potencial de crescimento. Desta forma, a possibilidade de utilizar lotes de linguados cabeças, isto é, com maior potencial de crescimento, prevê melhores resultados do que os encontrados neste ensaio.

5.3. Discussão de comparações intra-pisciculturas

5.3.1. **RIÁQUA – Aveiro**

Analisando os resultados da RIÁQUA, uma piscicultura que produz essencialmente robalo e com um sedimento característico vasoso, foi possível destacar o tanque 7, nomeadamente no peso ganho, TCE e produtividade.

Todos os tanques em estudo se caracterizaram por apresentar grandes concentrações de macroalgas, o que dificultou as amostragens. A abundância de macroalgas estará aliada, por um lado, à grande riqueza de produtos nitrogenados e, por outro, à possibilidade de a densidade de douradas estar aquém do ideal. A inclusão desta espécie em tanques de produção essencialmente de robalo tem como objectivo diminuir a densidade de macroalgas, que podem ser prejudiciais às espécies em cultivo, já que no período nocturno levam à diminuição das concentrações de oxigénio dissolvido. A possibilidade de redução do oxigénio a níveis perigosos, aliada a uma grande concentração de macroalgas e a hipótese de alterar o tipo de comunidade macrobentónica, podem estar na origem de crescimentos menos favoráveis para os linguados. Assim, as diferenças significativas no peso ganho entre o tanque 7 e o tanque 8 devem-se, possivelmente, à concentração excessiva de macroalgas, principalmente no tanque 8, que se destacou de todos os outros neste aspecto, assim como ao facto de o piscicultor ter reportado a existência de mortalidade (aproximadamente 40%) neste tanque, na espécie de cultivo, o que, provavelmente, se repercutiu também no crescimento do linguado. Contudo, não existiram relatos de mortalidade nesta espécie.

Relativamente ao tanque 7, este apresentou a menor densidade da espécie introduzida ($0,04 \text{ kg/m}^2$), que possivelmente foi um dos factores preponderantes para os resultados obtidos, já que, terá proporcionado uma maior disponibilidade de alimento para os linguados.

O tanque 8, contrariamente, apresentou as maiores densidades da espécie introduzida ($0,07 \text{ kg/m}^2$). Este facto, aliado às grandes concentrações de macroalgas e à mortalidade registada na espécie de cultivo, possivelmente, levou a uma menor disponibilidade de alimento para os linguados e a condições menos favoráveis ao seu crescimento.

O factor de condição caracterizou-se por valores bastante homogéneos entre os 3 tanques, não existindo, portanto, diferenças significativas, o que indica que os linguados nos diferentes tanques se adaptaram de forma idêntica.

5.3.2. NASHARYBA – Figueira da Foz

Na piscicultura NASHARYBA destacaram-se 2 tanques (7 e 9), sendo que o tanque 7 foi o que apresentou os melhores resultados de todo o ensaio relativamente ao peso ganho, taxa de crescimento específica e factor de condição.

O tanque 7 foi estatisticamente diferente de todos os tanques em estudo na NASHARYBA em relação ao peso ganho e, à excepção do tanque 9, ao factor de condição. Este tanque destaca-se, possivelmente, por apresentar menores densidades, tanto na espécie introduzida como na espécie de produção, sendo o único em que o foco de produção é a dourada. Sendo assim, potencialmente, o sucesso neste tanque devem-se às baixas densidades de ambas as espécies, principalmente da espécie de cultivo (dourada).

O tanque 3 apresenta densidades muito próximas ao tanque 7, tendo como única diferença a espécie de cultivo (robalo), e caracteriza-se por exibir resultados menores de crescimento. Seria de esperar que os melhores resultados, de uma forma geral, fossem em tanques de produção, maioritariamente, de robalo (tanque 3), já que o comportamento alimentar desta espécie se restringe apenas à procura de alimento na coluna de água, promovendo a possibilidade de a ração desperdiçada afundar e ficar disponível aos linguados. A dourada, contrariamente, é caracterizada por procurar alimento activamente na coluna de água e junto ao sedimento, sendo que este comportamento poderá entrar em conflito com os linguados, já que se torna um competidor directo na procura de alimento e espaço. Contudo, esta realidade não parece existir quando comparamos o tanque 3 e o tanque 7, já que o tanque com douradas e linguados apresentou os melhores resultados. Porém, é necessário apontar que o tanque 3 (apenas robalos e linguados) apresentou uma grande concentração de macroalgas, o que possivelmente esteve na origem destas diferenças.

O tanque 10 é outro tanque a discutir, já que apresentou os piores resultados. Analisando as suas características, podemos, possivelmente, apontar que a razão estará interligada com sua constituição sedimentar, sendo o único maioritariamente arenoso. Assumindo que esta característica poderá impedir uma colonização de comunidades macrobentónicas importantes na alimentação do linguado, é de esperar uma menor disponibilidade de alimento e, consequentemente, um défice no seu crescimento.

Finalmente, é necessário distinguir o tanque 11, já que, apesar de ser o tanque com as maiores densidades da espécie de produção e espécie introduzida, contrariamente ao

esperado foi o que apresentou a maior produtividade, sendo que esta realidade poderá ser explicada pelo tamanho do tanque (menor área), valor que afecta o cálculo deste parâmetro.

5.3.3. AQUALVOR – Lagos

Os tanques da piscicultura AQUALVOR (6 e 12), similarmente ao tanque 7 da NASHARYBA, apresentaram os melhores resultados, sendo que o tanque 6 desta piscicultura foi o que se destacou mais nos parâmetros de peso ganho, factor de condição e produtividade.

Comparando os dois tanques, e existindo apenas diferenças estatisticamente significativas no factor de condição, é possível que nesta piscicultura a diferença das espécies de produção em cada tanque e as elevadas densidades destas mesmas espécies não se tornaram factores preponderantes para o crescimento de linguado.

O sucesso, nestes dois casos, poderá estar ligado às metodologias de produção desta empresa, que se destacou como exemplar, apresentando tecnologia e procedimentos que levaram a uma melhoria na qualidade de água e a um controlo objectivo nos processos produtivos. Consequentemente, esta realidade terá permitido a colonização de uma equilibrada e variada fauna bentónica, maior disponibilidade de alimento e bem-estar animal.

5.3.4. TIDELAND 2000 – Aiamonte

Contrariamente à piscicultura AQUALVOR, a TIDELAND 2000 apresentava alguns problemas nas metodologias de produção, falta de recursos tecnológicos e dificuldade em renovar a água dos tanques com as marés.

Perante esta realidade, foi das pisciculturas com os piores resultados, sendo que o tanque 9.1 foi o único tanque em estudo que revelou um crescimento negativo, apresentando linguados desnutridos e em péssima condição.

O tanque 8.6, apesar de não apresentar crescimentos negativos, forneceu resultados pouco animadores, estando a diferença significativa que existe entre estes dois tanques provavelmente ligada à diferença de densidades da espécie de produção, já que o 9.1 apresenta maior densidade.

Para além destes problemas mencionados anteriormente, os tanques apresentavam uma coluna de água muito reduzida, podendo facilmente sofrer um aumento de temperatura excessivo e inapropriado para as espécies em causa, a água apresentava

uma grande turbidez e o sedimento em algumas zonas exibia lamas escuras indicando camadas anóxicas.

5.4. Discussão de comparações inter-piscicultura

5.4.1. TIDELAND 2000 vs. RIÁQUA

Comparando estas duas pisciculturas, foi possível verificar que apenas existiram diferenças estatisticamente significativas relativamente ao tanque 9.1 da TIDELAND 2000, tanto no factor de condição como no peso ganho.

A possível explicação para o insucesso deste tanque, já foi mencionada no ponto anterior. Contudo, é de realçar a inexistência de diferenças entre os tanques da RIÁQUA (4 e 8) e o tanque 8.6 da TIDELAND 2000. Globalmente, estes 3 tanques, apesar dos resultados positivos, ficaram aquém dos melhores resultados obtidos neste estudo, pelo que poderá indiciar que introduções em Junho/Julho de linguados com um peso médio de 100 - 129 g não será a melhor estratégia a adoptar.

Ao comparar apenas o tanque 8.6 da piscicultura TIDELAND 2000 com os tanques 4 e 8 da piscicultura RIÁQUA, e considerando a inexistência de diferenças significativas entre eles, emerge a constatação de que a diferença de temperatura entre as pisciculturas (temperaturas mais elevadas na TIDELAND), aliada às latitudes extremas no contexto deste estudo, não influenciou o crescimento dos linguados. Sendo assim, temperaturas mais elevadas e localizações mais a sul não se demonstraram mais vantajosas.

5.4.2. NASHARYBA vs. AQUALVOR

As pisciculturas NASHARYBA e AQUALVOR, como os dados indicam, não apresentaram diferenças significativas entre elas, sendo as unidades que exibiram, em média, os melhores resultados nos parâmetros avaliados, o que poderá revelar que povoamentos em Novembro, de linguados com peso médio entre 80 e 90 g, poderá ser uma boa prática no quadro da estratégia de produção proposta para esta espécie

Não podemos deixar de realçar que ambas as pisciculturas apresentaram, em média, valores de factor de condição muito próximos, apontando a possibilidade de variáveis associadas à latitude não se mostrarem determinantes para o crescimento do linguado, dentro do universo testado.

Um dos factores mais relevantes a apontar no que respeita a diferenças entre estas duas pisciculturas é a diferença de densidades na espécie de cultivo, já que a AQUALVOR apresenta densidades, em média, 14 vezes superior às utilizadas na NASHARYBA. Este aspecto, aliado ao facto de não existirem diferenças significativas entre ambas no que toca ao crescimento, aponta para uma capacidade de crescimento dos linguados pouco dependente do factor densidade, indicando uma grande elasticidade desta espécie no que diz respeito a este parâmetro, dentro do intervalo presentemente testado e característicos das pisciculturas em questão (0,07 - 1,83 kg/m³).

6. Conclusões

Os resultados do presente estudo demonstraram que é possível produzir *S. senegalensis* com alguma viabilidade em regime semi-intensivo e em policultura com dourada e robalo, permitindo construir linhas gerais do respectivo protocolo de produção.

Dando resposta aos objectivos específicos pré-definidos, conclui-se que:

- Relativamente à melhor combinação de espécies, não ficou demonstrada a vantagem da predominância de qualquer uma das espécies (robalo ou dourada). Contudo, foi possível verificar que quando uma piscicultura apresenta uma produção apenas de robalo ou maioritariamente de robalo, é de extrema importância combinar uma percentagem adequada de dourada, pois a sua presença impede o crescimento excessivo de macroalgas que podem por em causa a obtenção de melhores resultados de crescimento para o linguado.
- Não foi possível definir valores de referência para as densidades óptimas de linguado e da espécie de cultivo (robalo e/ou dourada); contudo, os resultados obtidos permitiram perceber a ampla elasticidade do linguado relativamente às diferentes densidades utilizadas pelos piscicultores para dourada e/ou robalo (0,06 - 1,83 kg/m³). Em relação às densidades de linguado utilizadas (0,01 - 0,04 kg/m³), é possível afirmar que todas foram viáveis, embora, baixas densidades poderão resultar em melhores crescimentos por aumentar a disponibilidade de alimento.
- No que respeita à identificação da época do ano ideal para a introdução do linguado, o mês de Novembro parece ser o mais promissor, em contraste com os meses de Junho/Julho, enquanto que linguados com pesos médios iniciais de 80 a 90 g parecem ser vantajosos em relação a pesos de 100 a 129 g. Contudo, não foi possível dissociar o factor época de introdução do factor peso médio inicial, tornando-se difícil perceber qual dos factores assumiu maior preponderância.
- O tipo de sedimento ideal para o crescimento da espécie em estudo foi o sedimento maioritariamente vasoso.

- Finalmente, não foi verificada uma influência da latitude na optimização do crescimento da espécie introduzida, indicando uma ampla adaptabilidade dos linguados a diferentes temperaturas e regiões, dentro dos cenários avaliados.

A estratégia de produção e as boas práticas são essenciais em aquacultura, mas assumem particular importância em policultura, pela complexidade decorrente de se pretender tirar o máximo de rendimento de espécies distintas, com diferentes requisitos. Neste sentido, destacou-se pela negativa a piscicultura TIDELAND 2000 que demonstrou más práticas de cultivo, potencialmente prejudiciais à adaptação e ao bem-estar dos espécimes em estudo.

Em suma, e apesar das limitações experimentais descritas (por vezes difíceis de controlar *à priori*), alguns dos elementos resultantes do presente trabalho podem contribuir para o desenvolvimento sustentável da aquacultura em regime semi-intensivo, no que toca à diversificação das espécies e à sua rentabilização. Por outro lado, o aproveitamento de lotes de linguados “cauda” revelou-se como uma boa estratégia de rentabilização de um produto, à partida sem interesse económico, quando utilizado nas condições adoptadas neste estudo.

É de notar ainda que, apesar do presente ensaio não dar resposta cabal a todos os objectivos propostos inicialmente, poderá funcionar como ponto de partida para projectos futuros que poderão suplementar as limitações encontradas e sustentar a produção de *Solea senegalensis* em regime intensivo e policultura com *Sparus aurata* e *Dicentrarchus labrax*.

7. Bibliografia

- Anguis, V. & J. P. Canavate (2005). "Spawning of captive Senegal sole (*Solea senegalensis*) under a naturally fluctuating temperature regime." Aquaculture **243**(1): 133 -145.
- APROMAR (2015). La Acuicultura en España Espanha.
- Avendaño, H. & E. Rubén (2005). "Avances en el conocimiento del patógeno de peces" *Tenacibaculum maritimum*", implicaciones en el diagnóstico y prevención de la enfermedad."
- Avendaño, H. R., A. E. Toranzo & B. Magariños (2006). "Tenacibaculosis infection in marine fish caused by *Tenacibaculum maritimum*: a review." Diseases of aquatic organisms **71**(3): 255 -266.
- Barja, J. (2004). "Report about fish viral diseases." Opt Méd B Et Rech **49**: 91-101.
- Bjørndal, T. & J. Guillen (2014). "The future of sole farming in Europe: cost of production & markets." Aquaculture Europe **39** (2) : 5-12.
- Branco, C. M. (2003). Estudo da produção de linguado (Solea senegalensis Kaup, 1858) em tanques de terra, Tese científica para acesso à categoria de Investigador Auxiliar. Ipimar, Portugal.
- Branco, J. (2013). "La acuicultura en la pr ensa española 2005-2011."
- Cabral, E., M. Bacelar, S. Batista, M. Castro-Cunha, R. Ozório & L. Valente (2011). "Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles." Aquaculture **322**: 74-81.
- Cabral, I. L. (2014). "Estágio na Aquacultura Safiestela-Efeito da manipulação do fotoperíodo no crescimento e utilização do alimento em juvenis de linguado (Solea Senegalensis)." "
- Cañavate, J. P. (2005). "Opciones del linguado senegalés *Solea senegalensis* Kaup, 1858 para diversificar la acuicultura marina." Boletín. Instituto Español de Oceanografía **21**(1 -4): 147 -154.
- Cañavate, J. P., L. Conceição, B. Howell, E. L. Mañanós & R. Prickett (2009). "Sole farming: nearly there but not quite?" Aquaculture Europe **34**: 24-27.
- Cassamo, A. I. X. (2012). "Aquicultura em Portugal: produção intensiva de pregado (Psetta maxima)."
- Castro, N., A. Toranzo, S. Devesa, A. González, S. Nuñez & B. Magariños (2012). "First description of *Edwardsiella tarda* in Senegalese sole, *Solea senegalensis* (Kaup)." Journal of fish diseases **35**(1): 79 -82.
- Constenla, M. & F. Padrós (2010). "Histopathological & ultrastructural studies on a novel pathological condition in *Solea senegalensis*." Diseases of aquatic organisms **90**(3): 191 -196.

- DGRM. (2013). "Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa." Plano Estratégico para a Aquicultura Portuguesa Retrieved 23/10/2015, 2015, from http://www.dgrm.min-agricultura.pt/xportal/xmain?xpid=dgrmandxpgid=genericPageV2andconteudoDetalhe_v2=331936 8.
- Dinis, M. T. (1986). Quatre soleidae de l'estuaire du Tage, reproduction et croissance: Essai d'élevage de Solea senegalensis Kaup, Université de Bretagne Occidentale.
- Dinis, M. T., L. Ribeiro, F. Soares & C. Sarasquete (1999). "A review on the cultivation potential of Solea senegalensis in Spain & in Portugal." Aquaculture **176**(1): 27 -38.
- Diniz, M. (1998). "A aquicultura." M. Henriques, Manual de Aquicultura. Lisboa, Portugal **13**.
- FAO (2010). The State of World Fisheries & Aquaculture. Rome, Italy.
- FAO (2011). World aquaculture 2010. FAO Fisheries & Aquaculture Department. 500/1. Rome, FAO. **Technical Paper**.
- FAO (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FEAP (2014). European Aquaculture Production Report 2004 -2013. Federation of European Aquaculture Producers. Liege, Belgium.
- Ferreira, H., A. Ramalho Ribeiro, J. Dias, M. Yúfera, A. M. Arias, M. Falcão, D. Serpa, T. Aires, P. Pousão-Ferreira & M. E. Cunha (2010). "Sustainable semi-intensive polyculture of seabream & sole in earthen ponds." Aquaculture **35**(3): 17 -21.
- Gomes, J. (2011). "Utilização de fontes proteicas em dietas para linguado do Senegal (Solea senegalensis)."
- Hilbrands, A. (2004). AD15P Piscicultura feita em pequena escala na água doce, Agromisa Foundation.
- Howell, B. R. (1997). "A re-appraisal of the potential of the sole, Solea solea (L.), for commercial cultivation." Aquaculture **155**(1): 355 -365.
- Hubert, F. N., M. Pellaud & S. Gamito (2006). "Environmental effects of marine fish pond culture in the Ria Formosa (Southern Portugal)." Hydrobiologia **555**(1): 289 -297.
- i Gozalbo, A. & M. Josep (2007). "Fisiología de la reproducción del lenguado senegalés (Solea senegalensis): mecanismos endocrinos y aplicaciones en acuicultura."
- Imsland, A., A. Foss, L. E. Conceição, M. T. Dinis, D. Delbare, E. Schram, A. Kamstra, P. Rema & P. White (2003). "A review of the culture potential of Solea solea & S. senegalensis." Reviews in Fish Biology & Fisheries **13**(4): 379 -408.
- Laranjeira, A. d. M. (2009). "Growth in juvenile Scophthalmus maximus under different photoperiods & densities."

- Matusse, N. R. D. (2012). "Avaliação da qualidade dos ovos e das larvas de *Solea senegalensis* (Kaup, 1858) através da manipulação alimentar dos seus reprodutores."
- Mestre, P. M. G. (2008). "Elaboração de um projecto de uma unidade de piscicultura."
- Morais, S., C. Aragão, E. Cabrita, L. E. Conceição, M. Constenla, B. Costas, J. Dias, N. Duncan, S. Engrola & A. Estevez (2014). "New developments & biological insights into the farming of *Solea senegalensis* reinforcing its aquaculture potential." Reviews in Aquaculture.
- Ortega, A. (2008). "Cultivo de Dorada." Madrid, Fundación OESA
- Ortega, A. (2013). "Cultivo de Lubina." Madrid, Fundación OESA
- Özcan, F. (2010). "Efecto de la Artemia enriquecida con distintas emulsiones comerciales sobre el crecimiento y desarrollo esquelético de larvas de lenguado senegalés (*Solea senegalensis* Kaup, 1858)."
- Padrós, F., C. Zarza, A. Estévez, S. Crespo & M. Furones (2003). La patología como factor limitante para el desarrollo del cultivo del lenguado. IX Congreso Nacional de Acuicultura. Junta de Andalucía. Cádiz, Spain, May.
- Pinto, W., C. Aragao, F. Soares, M. T. Dinis & L. E. Conceição (2007). "Growth, stress response & free amino acid levels in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) chronically exposed to exogenous ammonia." Aquaculture Research **38**(11): 1198 -1204.
- Rahman, M., I. Varga & S. Chowdhury (1992). "Manual on polyculture & integrated fish farming in Bangladesh."
- Ramos, M., M. Dias, T. Pereira & A. Duarte (1989). "Monocultura de *Solea senegalensis* Kaup (lenguado) num viveiro do estuário do Sado." Publicações Avulsas do INIP **17**: 543-562.
- Rodríguez, J., B. Souto & J. Quintáns (2011). "Preengorde de lenguado senegalés *Solea senegalensis* Kaup, 1858 sometido a diferentes regímenes de alimentación." Boletín. Instituto Español de Oceanografía **21**(1 -4): 89 -93.
- Salas, L. E., V. Anguis, A. Rodríguez-Rúa & J. Cañavate (2010). "Stocking homogeneous size groups does not improve growth performance of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) juveniles: Individual growth related to fish size." Aquacultural engineering **43**(3): 108 -113.
- Sánchez, P., P. P. Ambrosio & R. Flos (2010). "Stocking density & sex influence individual growth of Senegalese sole (*Solea senegalensis*)." Aquaculture **300**(1): 93 -101.
- Schram, E., J. Van der Heul, A. Kamstra & M. Verdegem (2006). "Stocking density -dependent growth of Dover sole (*Solea solea*)." Aquaculture **252**(2): 339 -347.
- Soto, D. (2009). Integrated mariculture: a global review, Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Valente, L., F. Linares, J. Villanueva, J. Silva, M. Espe, C. Escórcio, M. Pires, M. Saavedra, P. Borges & F. Medale (2011). "Dietary protein source or energy levels have no major impact on growth performance, nutrient utilisation or flesh fatty acids composition of market-sized Senegalese sole." Aquaculture **318**(1): 128 -137.

Vilar, P., L. Faílde, R. Bermúdez, F. Vigliano, A. Riaza, R. Silva, Y. Santos & M. Quiroga (2012). "Morphopathological features of a severe ulcerative disease outbreak associated with *Tenacibaculum maritimum* in cultivated sole, *Solea senegalensis* (L.)." Journal of fish diseases **35**(6): 437 -445.

Villanueva, J. L. R. & J. B. P. Alonso (2014). Cultivo del lenguado senegalés (*Solea senegalensis*). Madrid, Fundación OESA.

Yúfera, M. & A. M. Arias (2010). "Traditional polyculture in "Esteros" in the Bay of Cádiz (Spain). Hopes & expectancies for the prevalence of a unique activity in Europe." Aquaculture **35**(3): 22 -25.

Zorrilla, I., S. Arijó, M. Chabrillon, P. Díaz, E. Martínez ,Manzanares, M. Balebona & M. Morinigo (2003). "Vibrio species isolated from diseased farmed sole, *Solea senegalensis* (Kaup), & evaluation of the potential virulence role of their extracellular products." Journal of fish diseases **26**(2): 103 -108.